

लाल बहादुर शास्त्री प्रशासन अकादमी
Lal Bahadur Shastri Academy

of Administration

मसूरी

MUSSOORIE

पुस्तकालय

LIBRARY

110881

अवाप्ति संख्या

Accession No.....~~3770~~.....

वर्ग संख्या

Class No.....634.9.....

पुस्तक संख्या

Book No.....SOV.....

Valuable pine plantations on rich soils will turn into deciduous undersized stands of little value if no measures are taken for artificial regeneration or at least for the promotion of natural regeneration. The biological properties of the pine (*Pinus silvestris* L.) give no grounds to believe that it could regenerate naturally even within a long period of time as is the case with the fir-tree (*Picea excelsa* Link.). Therefore extensive work is being done in the USSR on the areas designated for wood-cutting or previously cleared of forests in order to restore the valuable pineries.

The following measures are being taken in the USSR to carry out successfully and in time forest-restoration work on glades, on areas damaged by forest fires, waste land, sparse wood areas, and on sandy areas:

a) in the forestries an annual count is made of the area free of forests and these areas are classed either among regenerated ones or among the silvicultural stock, depending on the presence and on the certainty of their natural regeneration. The silvicultural stock in turn is divided into areas requiring artificial regeneration and areas requiring measures to promote natural regeneration, this being determined by the type of environmental conditions, the degree of matting and also by the existence of natural regeneration;

b) according to the quantity of the silvicultural stock, their production possibilities and economic expediency, the forestries work out long-range plans for silvicultural work for the coming five years with the subsequent annual specification of the volume of the work to be done each year.

c) to maintain tree growing and planting an annual plan is adopted for storing tree-seeds and for areas to be sown with nursery forests, in accordance with the long-range plan both for the coming five years and for the current year with consideration for forest cultures planned by a Leskhoz for each individual area.

Great significance in the USSR is attached to planting of pericarp trees. With this aim in view in the areas planted with best middle-aged and ripening plantations (bonitets I and II) special plots for pericarp trees are set aside in different types of forests. Thus we are able to determine the origin of the seed. Our materialistic biology has proved and practice confirmed

that thorough selection of saplings and individual trees for gathering seeds, depending on their economic value (rapid growth, good wood, resistance to salting, high quantity of resin and gutta content, etc.), considerably improves the quality of the seeding material and assists in creating more productive and stable stands.

Within the last five years 42,000 million various tree saplings and shrubs were grown in nursery forests for silvicultural purposes.

The raising of such a quantity of sowing material has become possible thanks to the application of sowing in rows and strips which makes it possible to mechanize all production processes.

Table 1
The most widely used sowing schemes

Type of strips	Schemes for distribution
Two strip	50—20—50 35—40—35
Three strip	60—35—35—60
Four strip	60—45—50—45—60 70—45—45—45—70
Six strip	60—40—35—40—35—40—60

The successful cultivation of the most productive and economically valuable forests to a considerable degree depends on the correct choice of tree varieties suited to the local natural conditions. Types of tree varieties were determined in the USSR in conformity with the achievements of science, forestry practice and advanced silvicultural experience.

The principle of the unity of plant organisms and their environment served as a basic theoretical premise in determining types of tree varieties. Practically it resulted in a differentiation of the types of tree varieties according to natural zones and districts with their further subdivision according to environmental conditions and categories of forest stand areas. It also resulted in the selection of staple tree and shrub species of different ages for different environmental conditions, depending on their biological

THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR

THE INSTITUTE OF FORESTS

QUESTIONS OF FOREST
SCIENCES

THE PUBLISHING HOUSE
OF THE ACADEMY OF SCIENCES OF THE USSR
Moscow 1954

and ecological requirements and the character of the inter-species relations under the given natural conditions; on the selection of the method, density and agrotechnique applied in creating tree varieties best suited to the natural conditions.

The whole territory of the European part of the USSR is divided into four main forest zones: I — the forest or taiga zone, II — the forest-steppe zone, III — the steppe zone, and IV — the semi-desert zone¹.

They cover 14 forest regions. Within the zones and regions types of tree varieties are differentiated according to environmental factors. Tables on types of tree varieties are drawn up according to the diagram of Alexeyev and Pogrebnyak in which types of environmental conditions are arranged so as to show soil fertility on the one hand and increase in the extent of humidity of soils — from dry soil to very damp and boggy ones — on the other.

Within the bounds of those vast areas for which separate kinds of tree varieties are evolved there exists local differentiation of environmental conditions. Therefore forest nurseries make use of planned tree varieties depending on environmental peculiarities and accumulated forestry experience. The most important role in agricultural practice for breeding stands of all kinds of tree varieties is played by adequate tillage of soil.

Depending on the state of the area to be afforested preparation of soil can be effected in strips, quadrat plots or by means of solid tillage.

In the forest and forest-steppe zones which are free of grass, stumps and root weeds, ploughland is prepared in strips or by means of solid tillage, and cultivation is made in early spring together with the furrowing of soil before the beginning of silvicultural work.

In the forest-steppe and forest zones in exceedingly matted areas littered with root weeds as well as in the steppe zone the soil is tilled under the system of black or early clean fallow.

Where the podzol horizon is brought up to the surface by the above-mentioned depth of ploughing a subsoiler is used. Where the Ortstein horizon lies close to the surface, the soil is tilled to a

¹ Sometimes in the southern part of the forest zone a special zone is singled out — the zone of mixed (coniferous and deciduous) forests.

А К А Д Е М И Я Н А У К С С С Р

И Н С Т И Т У Т Л Е С А

**ВОПРОСЫ ЛЕСОВЕДЕНИЯ
И ЛЕСОВОДСТВА**

ИЗДАТЕЛЬСТВО
АКАДЕМИИ НАУК СССР

Москва 1954

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. Н. Сукачев (главный редактор),
П. В. Васильев, П. Б. Виппер, С. В. Зонн,
А. А. Молчанов, М. Г. Пинчук

—

EDITORIAL BOARD:

V. N. Sukachev (Editor-in-Chief),
P. V. Vasiljev, P. B. Wipper, S. V. Zonn,
A. A. Molchanov, M. G. Pinchuk

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящее издание является собранием докладов и статей, подготовленных деятелями науки и практики советского лесного хозяйства для IV Всемирного лесного конгресса. Посвященные самым разнообразным вопросам, эти доклады служат единой цели — ознакомить делегатов Конгресса с особенностями лесов и лесного хозяйства Советского Союза и поделиться накопленным за последние годы опытом науки и практики по ведению и организации этой отрасли народного хозяйства.

В докладах В. П. Цепляева, В. П. Сукачева, Г. П. Мотовилова и П. В. Васильева трактуются наиболее общие вопросы лесного хозяйства, лесоводства и лесоведения. В них дана характеристика лесных ресурсов и основных направлений лесного хозяйства СССР и сообщаются главные принципы естественной исторической и экономической классификации лесов, нашедшие применение в советском лесном хозяйстве.

А. А. Молчанов, С. В. Зонн, А. И. Калниньш и М. Г. Пинчук в своих докладах освещают вопросы взаимоотношений леса и почвы, леса и воды и использования водоохранной и защитной роли лесов.

Вопросы лесного хозяйства в различных физико-географических условиях и при разном составе лесов рассматриваются в докладах А. Б. Жукова, В. З. Гулисашвили, П. Б. Вилпера и С. М. Момота.

В докладах В. Е. Вихрова, Ю. М. Иванова, И. С. Шинева, А. И. Калниньша и Ф. И. Терехова представлены материалы по отдельным вопросам древесиноведения и использования продуктов леса.

Советские лесоводы уверены, что совместное деловое обсуждение научных и практических вопросов лесного дела на IV Всемирном лесном конгрессе может сыграть большую положительную роль не только в решении этих специальных вопросов, но и в общем развитии и укреплении содружества ученых всего мира.

FOREWORD

This edition is a collection of reports and articles written by Soviet scientists and workers in the field of forest economy for the IV World Forest Congress. Devoted to the most diverse themes, all these works serve the aim of acquainting the delegates with the peculiarities of forests and forest economy of the Soviet Union and sharing the experience acquired in recent years by Soviet science and practical workers in managing and organizing this branch of the national economy.

The papers by V. P. Tseplayev, V. N. Sukachev, G. P. Motovilov and P. V. Vasilyev are devoted to general questions of forest economy and sciences on forest. They characterize the forest resources and the main branches of forest economy in the USSR, consider the basic principles of natural-historical and economic classification of forests in Soviet forest economy.

In their papers A. A. Molchanov, S. V. Zonn, A. I. Kalninsk and M. G. Pinchuk throw light on the questions of interrelations between forest and soil, between forest and water, as well as the utilization of forests for the protection of water and fields.

The papers by A. B. Zhukov, V. Z. Gulisashvili, P. B. Wipper and S. M. Momot deal with questions of forest economy in different physical-geographical conditions and forest compositions.

The last part of the collection covers materials on some questions of wood science and the utilization of forest products in the papers by V. E. Vikhrov, Y. M. Ivanov, I. S. Shinev, A. I. Kalninsk and F. I. Terekhov.

Soviet silviculturists are sure that a fruitful discussion of scientific and practical questions of forest sciences at the IV World Forest Congress may contribute in a positive manner not only toward the solution of these special questions but toward the general development and consolidation of the cooperation of scientists of the whole world.

В. П. ЦЕПЛЯЕВ

ЛЕСА СССР
И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ
ХОЗЯЙСТВА В НИХ

V. P. TSEPLAYEV

FORESTS OF THE USSR
AND METHODS OF THEIR
MANAGEMENT

ЛЕСА СССР И ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ХОЗЯЙСТВА В НИХ

Общая площадь государственного лесного фонда СССР составляет по учету на 1 января 1953 г. 1069 млн. га, в том числе 1030 млн. га занимают леса государственного значения и 39 млн. га — колхозные. Лесопокрытая площадь государственного лесного фонда составляет 659 млн. га, или 62 % общей площади.

Из 1030 млн. га лесов государственного значения 1025 млн. находятся в ведении лесных органов Министерства сельского хозяйства СССР и 5 млн. га переданы в долгосрочное пользование различным учреждениям и организациям с обязательством вести в этих лесах правильное лесное хозяйство под руководством и контролем лесных органов Министерства сельского хозяйства СССР.

Леса Советского Союза богаты хвойными породами, составляющими 83,6 % общей площади лесов. В составе хвойных на долю лиственницы приходится 31,4 %, сосны — 23,6 %, ели — 17,1 %, кедра — 6,4 % и пихты — 4,1 %.

Из 659 млн. га лесопокрытой площади лесов государственного значения молодняки составляют 13,3 %, средневозрастные — 14,2 %, припевающие — 15,9 %, спелые и перестойные — 56,6 %. Таким образом, больше половины лесов страны представлено древостоями спелыми и перестойными.

В 1913 г. общая учтенная площадь лесов России определялась всего в 550 млн. га (в настоящее время, как уже сказано, учтено 1069 млн. га). Это расхождение объясняется главным образом неудовлетворительной постановкой учета лесного фонда в прошлом, причем не только в частновладельческих

лесах, но и в казенных, особенно в азиатской части России. Тот факт, что данные о лесном фонде непрерывно уточняются, свидетельствует об улучшении постановки учета леса в СССР.

В дореволюционной России учтенные лесные площади по роду владения распределялись так: казенные (государственные леса) составили 60 %, частновладельческие, удельные, крестьянские и прочие — 40 %.

В настоящее время все леса в СССР являются общенародной собственностью.

Важнейшая экономическая особенность лесного хозяйства в СССР заключается в том, что все его развитие, как и других отраслей народного хозяйства, направляется государством, которое определяет его цели, задачи и темпы развития, его связи и взаимоотношения с другими отраслями народного хозяйства.

В первые же дни организации Советского государства Правительством были изданы основной закон о лесах и последующие декреты, заложившие основу всего дальнейшего развития лесного хозяйства страны. Этим законом леса были объявлены общенародным достоянием, а лесное хозяйство направлено на непосредственное решение общих задач экономического и культурного развития СССР. В развитии лесного хозяйства первые декреты о лесах предусматривали, с одной стороны, организованное в государственном масштабе использование защитной роли лесов и их положительного влияния на климат, водный режим, сохранение почв, сельское хозяйство; с другой — организацию планомерного использования запасов древесины для удовлетворения общегосударственных потребностей с одновременным восстановлением этих запасов в эксплуатируемых лесных массивах. Эти два органически связанных направления лесного хозяйства остаются незыблемыми до сих пор, хотя значение их в различные периоды было неодинаковым.

В период восстановления народного хозяйства Советское государство поставило перед лесным хозяйством широкие задачи обслуживания крупных восстановительных работ. В эти же годы принимается постановление о мерах борьбы с засухой и в первую очередь об облесении вырубок, гарей и других безлесных пространств в засушливых и малолесных районах, в верховьях рек, по берегам их и водоразделам, а также о вы-

делении лесов водоохранного и защитного значения под особым надзором. В 1923 г. был утвержден Лесной кодекс, который создал единую систему ведения и организации лесного хозяйства, порядок отпуска леса, принципы возможного перевода лесных площадей в другой вид угодий, систему охраны лесов и управления лесным хозяйством.

В период индустриализации страны советское лесное хозяйство получило еще более широкое значение. Древесина в этот период стала одним из важнейших видов промышленного сырья. Для заготовки этого сырья в нужных для страны размерах был создан Народный комиссариат лесной промышленности, призванный руководить развертывающейся лесозаготовительной и деревообрабатывающей промышленностью. Органы лесной промышленности провели большую работу по выявлению и инвентаризации лесов промышленного значения, по определению и организации сырьевых баз, обеспечению народного хозяйства лесоматериалами и изделиями из древесины. Одновременно с мероприятиями по организации и механизации лесозаготовок, леса Советского Союза были разделены на лесопромышленную и лесокультурную зоны с установлением различных систем хозяйства и порядка пользования лесами в каждой из зон. В лесокультурной зоне размер ежегодной вырубki не должен был превышать годичный прирост древесины; здесь не допускались концентрированные рубки и была намечена широкая система мероприятий по защитному лесоразведению и лесовосстановлению.

В дальнейшем большая часть лесокультурной зоны была выделена в особую зону водоохранных лесов. В 1943 г. леса разделены на три группы, устанавливающие наиболее полную и последовательную дифференциацию лесов по их географическим особенностям и народнохозяйственному значению. Это постановление определило по каждой группе лесов общие организационные основы ведения хозяйства, которые остаются руководящим началом для решения вопросов экономики и организации лесного хозяйства СССР и в настоящее время.

В период Великой Отечественной войны деятельность лесного хозяйства, как и других отраслей народного хозяйства,

была обращена на обеспечение нужд обороны страны. Вместе с тем за годы войны до 20 млн. га лесов СССР сильно пострадали, главным образом от хищнического использования их оккупантами.

Ликвидация последствий войны и обеспечение дальнейшего подъема экономики страны потребовали от лесного хозяйства, наряду с мерами восстановления лесов, организации необходимых условий для резкого увеличения лесозаготовок в многолесных районах и широкой системы мероприятий по созданию новых лесонасаждений, особенно полезащитного значения. Лесозаготовки в СССР в послевоенные годы были в значительной мере перебазированы из малолесных районов в лесонасыщенные и превращены в крупное производство индустриального типа.

Государственная собственность на леса и плановое ведение всех отраслей народного хозяйства в СССР позволили органам лесного хозяйства на длительные сроки закрепить за лесозаготовительными предприятиями большое количество лесосырьевых баз с общим эксплуатационным запасом свыше 7,0 млрд. м³. Таким путем были созданы условия для широкого развития лесной и деревообрабатывающей промышленности в лесонасыщенных районах страны.

За последние годы лесная промышленность получила такое количество технических средств, которое превысило оснащенность этого вида промышленности за всю историю ее развития. Это по-новому поставило такие вопросы лесного хозяйства, как системы рубок, лесоустройство, лесовозобновление и пр.

Издание в 1948 г. постановления о полезащитном лесоразведении положило начало более широкому практическому развитию новейшего направления лесного хозяйства — защитному лесоразведению. Мероприятия по защитному лесоразведению позволили использовать леса в интересах развития сельского хозяйства страны и еще больше привлекли внимание и заботу всего советского народа к лесному хозяйству.

Говоря о современном состоянии лесного хозяйства СССР, важно указать прежде всего на то, что большое разнообразие лесорастительных условий на территории СССР и сложившиеся

экономические особенности развития отдельных районов определяют необходимость и наличие в Советском государстве различных направлений ведения лесного хозяйства.

В таежной зоне лесное хозяйство подчинено в первую очередь необходимости удовлетворения потребностей народного хозяйства в древесине, задачам восстановления лесов на больших, не покрытых лесом площадях вырубок, гарей и прогалин, охраны лесных массивов от пожаров.

Основными задачами лесного хозяйства в лесостепной зоне, кроме максимально возможного получения древесины как от главного пользования, так и от рубок ухода за лесом, являются сохранение и усиление водоохранной и защитной роли лесов путем восстановления их в верховьях рек и на водоразделах, а также выращивание разновозрастных смешанных древостоев, наиболее отвечающих защитной роли.

В степной зоне лесные массивы имеют особое защитное значение. Задачей лесного хозяйства в этих условиях является поддержание и усиление полевзащитной и почвозащитной функций леса. Это достигается проведением рубок ухода за лесом, лесовосстановительных рубок, осуществлением различных лесокультурных мероприятий, включая и реконструкцию малоценных лесопосаджений. Кроме того, в этих районах широко проводится создание новых полевзащитных лесных полос и противоэрозионных насаждений по оврагам, балкам и пескам, обеспечивающих повышение и устойчивость урожая сельскохозяйственных культур.

В горных условиях Кавказа, Средней Азии и Крыма лесные массивы имеют различное значение в зависимости от их расположения, в связи с чем резко различны в этих районах и задачи лесного хозяйства. В высокогорных районах Кавказа, кроме задачи удовлетворения нужд народного хозяйства в древесине, лесное хозяйство решает также задачи сохранения и усиления противоэрозионных функций леса. В курортных районах Кавказа (Сочи, Кисловодск и др.) и Крыма лесное хозяйство в основном направлено на сохранение и усиление санитарно-гигиенической роли лесов. На Кавказском побережье Черного моря, в районах влажных субтропиков, лесное хозяйство направляется в первую очередь на создание и выращивание

ценных и технических пород (эвкалипты, пробковый дуб, хурма, орех грецкий и др.), а также на обеспечение противозерозионных функций существующих и вновь создаваемых лесов.

В зоне пустынь и полупустынь Средней Азии и Казахстана лесное хозяйство преследует цель сохранения и расширения зарослей белого и черного саксаула и других кустарников (кандым, черкез), произрастающих на подвижных песках. Эти задачи решаются здесь прежде всего путем регулирования отпаса леса, пастбы скота и аэросева. Кроме того, в условиях пустынь и полупустынь исключительно важно создание новых насаждений для закрепления голых подвижных песков.

В зеленых зонах, выделенных вокруг Москвы, Киева, Харькова, Ленинграда и других городов и промышленных центров, лесное хозяйство направлено в первую очередь на усиление санитарно-гигиенической и эстетической роли лесов в целях обеспечения населению условий наилучшего отдыха.

Таким образом, лесное хозяйство в Советском Союзе чрезвычайно разнообразно и в зависимости от экономики района и условий местопроизрастания получает то или иное направление.

Особенно важную роль в этом отношении играет уже упомянутое нами деление лесов на группы по их народнохозяйственному значению.

К первой группе относятся леса государственных заповедников, полезащитные, почвозащитные, курортные леса зеленых зон вокруг промышленных предприятий и крупных населенных пунктов, ленточные боры и степные колки. В этих лесах сплошные рубки не допускаются, разрешаются только рубки ухода, санитарные, выборочные рубки перестоя и лесовосстановительные. Этот же режим рубок распространен на защитные лесные полосы вдоль рек, а также линий железных и автомобильных дорог общесоюзного, республиканского и областного значения.

Эти леса расположены в различных районах страны, но преобладающее их большинство находится в центральных и южных областях.

Ко второй группе в основном относятся леса малолесных (лесостепных) и центральных районов, сосредоточенные в густо

населенных промышленных центрах страны. Как правило, в этих лесах рубки ведутся сплошными лесосеками, но в пределах, не превышающих годичного прироста.

В третью группу включены все остальные леса, и главным образом леса многолесных районов с большим эксплуатационным запасом древесины, расположенные в северных областях европейской части СССР, в таежной зоне Сибири и Дальнего Востока. В этих районах ведутся промышленные заготовки леса для обеспечения народного хозяйства древесиной и допускаются все виды рубок.

Руководство лесным хозяйством при большом многообразии производственных мероприятий в целом по Советскому Союзу осуществляется Главным управлением лесного хозяйства и полезащитного лесоразведения Министерства сельского хозяйства СССР во главе с начальником Главного управления, являющимся одновременно заместителем министра.

В союзных республиках созданы главные управления лесного хозяйства министерств сельского хозяйства союзных республик, которые непосредственно руководят работой управлений лесного хозяйства областных или краевых управлений сельского хозяйства. Начальники управлений лесного хозяйства являются одновременно заместителями начальника областного (краевого) управления сельского хозяйства.

Производственной единицей, непосредственно подчиненной Управлению лесного хозяйства в области или крае, является лесхоз (лесное советское хозяйство), в состав которого входит в среднем пять лесничеств. Для проведения работ по изучению, обследованию и инвентаризации лесов в непосредственном подчинении Главного управления лесного хозяйства и полезащитного лесоразведения Министерства сельского хозяйства СССР имеется Всесоюзное аэрофотолесоустроительное объединение — Леспроект.

Работу по проектированию новых лесных посадений, в основном в безлесных районах, осуществляет через свои экспедиции проектно-изыскательское объединение — Агролеспроект, также непосредственно подчиненное Главному управлению лесного хозяйства и полезащитного лесоразведения Министерства сельского хозяйства СССР.

В целях развития полесозащитного лесоразведения в состав Министерства сельского хозяйства СССР входит Главное управление государственных лесных питомников и заготовки семян древесно-кустарниковых пород — Главлесемипитомник. Это управление призвано обеспечивать колхозы семенами и посадочным материалом древесно-кустарниковых пород через свою сеть заготовительных семенных контор и крупных государственных лесных питомников. Кроме того, Главлесемипитомнику подчинена сеть лесных контрольно-семенных станций, осуществляющих апробирование заготавливаемых лесных семян в Советском Союзе.

Органы лесного хозяйства в центре и на местах уделяют большое внимание вопросам ухода за лесом, мерам содействия естественному возобновлению лесов, регулированию рубок главного пользования с обеспечением условий успешного возобновления леса, повышению продуктивности лесов путем осушения избыточно увлажненных лесных площадей, защите леса от вредных насекомых и грибных заболеваний.

Для своевременного выявления возникновения лесных пожаров и ликвидации их, а также для проведения аэросева лесных семян и истребительных мероприятий при борьбе с вредными лесными насекомыми при Главном управлении лесного хозяйства и полесозащитного лесоразведения Министерства сельского хозяйства СССР имеются служба патрулирования лесов и пожарно-десантная служба. Непосредственно эту работу проводят авиационные лесные базы, расположенные в основном в многолесных районах. В наиболее опасных в пожарном отношении лесных массивах организованы специальные лесные пожарно-химические станции, оснащенные средствами транспорта, химикатами и соответствующим инвентарем для тушения пожаров.

Все основные производственные мероприятия проводятся за счет государственного бюджета, и лишь переработка лесных отходов и изготовление предметов широкого потребления организуется за счет собственных доходов лесхозов в порядке хозяйственного расчета.

Заготовка лесных материалов в лесах СССР для общегосударственных нужд уже около четверти века ведется Министерством лесной промышленности СССР, являющимся основным госу-

дарственным лесозаготовителем. В лесозаготовках участвуют также и другие ведомства, использующие древесину в первую очередь для своих предприятий и на стройки. В малолесных районах и в особенности в лесах первой группы заготовку ведут также и лесхозы.

Увеличение удельного веса в лесозаготовках основного заготовителя — Министерства лесной промышленности — позволяет все шире применять вполне оправдавшую себя систему закрепления лесосырьевых баз за заготовителями на весь срок эксплуатации лесных массивов. Такой порядок особенно важен, когда речь идет о потребительских лесосырьевых базах, обслуживающих какое-либо крупное лесопотребляющее промышленное предприятие или целый промышленный узел. Взаимоотношения между органами лесного хозяйства и лесозаготовителями, связанные с заготовкой и возобновлением лесов, регулируются особыми правилами и инструкциями.

Громадные лесосырьевые ресурсы и большие площади лесовосстановительных работ позволят в течение многих десятилетий непрерывно увеличивать отпуск древесины из лесов СССР без какого-либо заметного сокращения в них древесных запасов.

Большие объемы работ по лесовосстановлению (в связи с развитием лесозаготовок), защитному лесоразведению и лесоосушительной мелиорации потребовали применения механизации на всех основных трудоемких процессах лесохозяйственного производства. В этих целях Министерство сельского хозяйства СССР приступило к организации механизированных лесхозов. В настоящее время в основном механизированы все процессы работ по осушению лесных площадей, подготовке почвы, посеву и посадке леса, уходу за лесными культурами.

Одним из решающих условий развития лесного дела в СССР является быстрый рост научно-исследовательской деятельности и большая работа по подготовке кадров. В настоящее время в Советском Союзе вопросы лесного хозяйства и лесной промышленности изучаются и разрабатываются в шести специальных лесных институтах академий наук (Академии Наук СССР, академий наук Украинской ССР, Грузинской ССР, Белорусской ССР,

Латвийской ССР, Литовской ССР), в 15 лесных секторах и группах, организованных при филиалах Академии Наук СССР (Карело-Финский, Северный, Коми, Уральский, Западно-Сибирский, Восточно-Сибирский, Дальневосточный и др.) и в академиях наук союзных республик, не имеющих специализированных институтов. Существует 15 ведомственных научно-исследовательских организаций, в том числе восемь специально по лесному хозяйству, и многие десятки опытных станций, лесничеств и заводских лабораторий, разрабатывающих вопросы лесного дела. Лесные вопросы изучаются также на кафедрах 11 специальных лесных институтов, многих сельскохозяйственных вузов, университетов и других высших учебных заведений страны. Следует сказать, что в царской России было всего лишь одно высшее лесное учебное заведение, один лесной факультет при Сельскохозяйственном институте и одно научно-исследовательское учреждение с восемью опытными лесничествами.

Ввиду особого значения, которое придается лесному хозяйству в СССР, в Москве, на Всесоюзной сельскохозяйственной выставке открыт в 1954 г. специальный павильон «Лесное хозяйство», в котором показан передовой опыт отдельных производителей и лесных хозяйств, а также последние достижения лесохозяйственной науки.

*Главное управление лесного хозяйства
и подзащитного лесоразведения
Министерства сельского хозяйства СССР
Москва*

FORESTS OF THE USSR AND METHODS OF THEIR MANAGEMENT

According to the data collected by January 1, 1953, the total area of Soviet state forest resources covers 1,069 million hectares, including 1,030 million hectares under forests of national importance and 39 million hectares of forests belonging to the collective farms. The state forest resources area covered by unfelled forests equals 659 million hectares or 62 per cent of the total area.

Out of 1,030 million hectares covered by forests of national importance, 1,025 million hectares are in charge of Forest Departments of the Ministry of Agriculture of the USSR and 5 million hectares have been placed under long-term control of different institutions and organizations which are to manage adequately the silvicultural economy in these forests under the direction and supervision of the Forest Departments of the Ministry of Agriculture of the USSR. Forests of the Soviet Union are rich in conifers which constitute 83.6 per cent of the total forest area. The composition of conifers includes 31.4 per cent of the larch, 23.6 per cent of the pine, 17.1 per cent of the spruce, 6.4 per cent of the cedar and 4.1 per cent of the fir.

Of the 659 million hectares of the state-owned unfelled forests little coppices constitute 13.3 per cent, middle-aged trees — 14.2 per cent, ripening trees — 15.9 per cent and ripe and over-ripe ones — 56.6 per cent. Thus, more than half of the forests of the country is composed of ripe and over-ripe stands.

In 1913 the total registered forest area of Russia equalled only 550 million hectares (as you will recall, this area at present equals 1,069 million hectares). This difference is caused mainly

by the unsatisfactory registration of forest resources in the past, not only in privately-owned forests but in the state ones as well, especially in the Asiatic part of Russia.

That the data of forest resources are becoming more and more exact testifies to the improvement in forest registration in the USSR.

In pre-revolutionary Russia the registered forest areas according to the type of ownership were distributed in the following manner. State forests — 60 per cent, privately-owned, independent, peasant and other forests — 40 per cent.

Today all the forests of the USSR are the property of the nation.

The most important economic characteristic of silvicultural practice in the USSR consists in the fact that its entire development as well as the entire development of other branches of the national economy is directed by the state which determines its aims, tasks and rate of development, its connections and interrelations with the other branches of the national economy.

At the very inception of the Soviet state, the Soviet government issued the Fundamental Law on forests and subsequent decrees which laid the foundation for the further development of forestry in the country. Under this law forests were proclaimed the property of the people and silvicultural practice was directed towards the immediate solution of the general tasks to meet the needs of the economic and cultural development of the USSR. On the one hand, the first laws on forests provided for the use on a nationwide scale of forests as shelter-belts, as factors improving the climate and water regime, agriculture and preservation of the soil, and, on the other hand — the organization of the planned use of forest resources to meet the national requirements, to restore these resources in the large forests under exploitation. These two organically connected trends in silviculture remain unchanged to this day, though their significance in different periods of time was not the same.

During the period of reconstruction the Soviet state set before silviculture extensive tasks of helping the large-scale restoration work on hand. At the same time a resolution was passed on measures to combat drought and, primarily, on afforestating

cleared spaces, burned-down clearings and other woodless areas in dry and thinly forested regions, in upper reaches of rivers, along their banks and watersheds, and along with this, on placing forests which had water-protecting and shelter importance under special supervision. In 1923 the Forest Code was adopted which set up a centralized system of managing and organizing forest economy, established the order of distributing timber, the principles to follow in the possible transformation of forest areas into other types of land, the system of forest protection and management.

In the industrialization period still greater vistas were opened before Soviet silviculture. At that time wood became one of the most important types of industrial raw material. To supply the country with the required amount of this raw material the People's Commissariat of Forest Industry was established, which was to guide the development of lumbering and woodworking industries. The departments of forest industry carried out extensive work of mapping out and registering forests of industrial value, of determining and setting up raw material bases and providing the national economy with timber and wood ware. Along side with measures on organizing and mechanizing lumbering the forests of the USSR were divided into industrial and silvicultural zones; different systems of forestry and methods of using forests were established in each zone. In the silvicultural zone the scale of fellings per year was not to exceed the annual increment of wood, concentrated cuttings were prohibited and a great number of measures were planned for planting shelter-belts and for forest restoration.

Later on, the greater part of the silvicultural zone was singled out as a special zone of water-protection forests. In 1943 forests were divided into three groups thus establishing a most complete and consistent differentiation of forests according to their geographical peculiarities and their economic importance on a nationwide scale. This decision determined for every group of forests general organizational methods of managing forest economy which remain to this day the leading principles in settling problems of the economic structure and organization of silviculture in the USSR.

During the Great Patriotic War the activities of silviculture like that of other branches of the national economy were directed to meet the demands of the country's defence. At the same time about 20 million hectares of forest were greatly depleted during the war years, mainly because of their rapacious utilization by the occupationists.

Post-war reconstruction and the further development of the country's economy required that silviculturists not only take steps for restoring the forests but also for providing the necessary conditions to greatly increase lumbering in densely forested regions and for working out a system of measures for planting new stands, especially field-protecting ones. During the post-war period lumbering bases in the USSR were, to a considerable extent, shifted from thinly forested regions to over-forested ones and transformed into bases of large-scale industrial production.

State ownership of forests and planned management of all branches of the national economy in the USSR made it possible for the departments of forestry to turn over to lumbering enterprises for long-term exploitation a great number of bases with the total operation stock exceeding 7.0 billion cubic meters. Thus, conditions were created for a wide development of forest and woodworking industries in over-forested areas of the country.

Of late, the timber industry has received such a large quantity of machinery that it surpassed the equipment owned by this industry throughout its entire previous development. This fact made us reconsider such problems of forestry as methods of cutting, tasks of organizing forest exploitation, forest regeneration, etc.

The promulgation in 1948 of the law on a plan of field protecting afforestation paved the way for a wider practical development of the newest trend in forestry -- field-protecting afforestation. Measures to ensure field-protecting afforestation enabled us to use silviculture for developing the country's agriculture and to attract the interest of the Soviet people to forestry still more.

Speaking of the state of forestry in the USSR today it is important, first of all, to stress the fact that the great variety of forest environmental conditions on the territory of the USSR and the economic peculiarities of development existing in the various re-

regions determine the need, in part realized, for managing forestry in the USSR along diverse lines.

In the taiga zone silviculture is, in the first place, organized to satisfy the needs of the national economy in timber materials, of forest restoration on vast clearings, on burnt-out areas and glades and to protect large forests against fires.

The basic tasks of forestry in the forest-steppe zone, besides the maximum amount of wood obtained by industrial and group cuttings and forest maintenance fellings, are: the preservation and strengthening of the water- and field-protecting role of forests by forest restoration in the upper reaches of rivers and on watersheds as well as by cultivating uneven-aged mixed stands best suited to protecting fields.

In the steppe zone large forests are of special protection importance. The task of forestry in these conditions consists in preserving and strengthening the field- and soil-protecting functions of forest. This goal can be achieved by forest maintenance and forest restoration cuttings, and by various silvicultural measures, including the reconstruction of stands of little value. Besides, new shelter-belts are widely planted in these regions alongside with stands on ravines, gullies and sands as protection against erosion, thus ensuring increased and stable harvests of agricultural crops.

In the mountain conditions of the Caucasus, Central Asia and the Crimea large forests are of different value, depending on their location; hence the tasks of forestry in these regions vary greatly. In the high mountain regions of the Caucasus, besides the task of satisfying the needs of the national economy in wood, the purpose of forestry consists in preserving and strengthening anti-erosion functions of the forest. In the resort regions of the Caucasus (Sochi, Kislovodsk, etc.) and the Crimea silvicultural practice is meant, first of all, to preserve and strengthen the sanitary and hygienic function of forests. On the Caucasian coast of the Black Sea, in the regions of the moist subtropics, forestry is directed to cultivating valuable and technical varieties *Eucalyptus* sp. *Quercus suber*, *Diospyros* sp. *Juglans regia*, etc., as well as to ensuring anti-erosion functions of existing and newly-planted forests.

In the zone of deserts and semi-deserts of Central Asia and Kazakhstan the purpose of forestry is to preserve and extend thickets of white and black saxaul and other shrubs (*Calligonum caput medusae*, *Salsola Richteri*) growing on drifting sands. These tasks are solved here, primarily, by regulating the distribution of forest pastures and sowing from the air. Besides, in the conditions of deserts and semi-deserts, of great importance is the task of planting new stands to consolidate exposed drifting sands.

In the green zones around Moscow, Kiev, Kharkov, Leningrad and other cities and industrial centers silvicultural practice serves to enhance the sanitary-hygienic and esthetic role of forests in providing the best conditions for rest.

Thus, forestry in the Soviet Union is extremely varied and develops in one or another direction, depending on the economy of a region and on environmental factors.

An especially important part in this connection is played by the above-mentioned division of forests into groups according to their value for the national economy.

To Group I belong forests of state forest nurseries, field- and soil-protecting and health-resort forests of the green zones around factories and plants and big inhabited points, belt pine forests and steppe forest groups. In these forests clearing is not allowed, only maintenance cutting, sanitary selection cutting of over-ripe trees and forest restoration cutting are permitted. Similar cutting systems are extended to shelter-belts along rivers, and also railways and automobile roads of all-union, republican and regional significance. The forests are situated in different regions of the country but in the central and southern regions they predominate.

To Group II belong mainly forests of thinly forested (forest-steppe) and central regions, concentrated in densely populated industrial centers of the country. As a rule, cuttings in these forests are according to the clearing system but within limits not exceeding an annual accretion.

To Group III belong all the rest of the forests and mainly the abundant forest regions with large stocks of wood for exploitation situated in the northern regions of the European part of the USSR, in the taiga zone of Siberia and the Far East. Lumbering

in these regions is to provide the national economy with wood and all systems of cutting are allowed.

There being many production measures the entire management of forestry in the USSR is effected by the Forestry and Shelter-Belt Planting Administration of the Ministry of Agriculture of the USSR headed by the chief of the Administration who is Deputy Minister at the same time.

In the Union Republics Forestry Administrations of Ministries of Agriculture were established which are directly in charge of forestry administrations of regional or territorial administrations of agriculture. The chiefs of forestry administrations are simultaneously deputy chiefs of regional (territorial) administrations of agriculture.

Leskhoz (Soviet forestry) is a production unit directly subordinated to a forestry administration in a region or territory; it is on the average composed of five forest divisions. To carry out the work of studying, exploring and registering forests there is the All-Union Aerial Photo Forest organization "Lesoprojekt" which is under the direct control of the Forestry and Shelter-Belt Planting Administration of the Ministry of Agriculture of the USSR.

The work on planning new stands mainly in woodless regions is conducted by expeditions of the project-prospecting organization "Agrolesoprojekt" also directly under the control of the Forestry and Shelter-Belt Planting Administration of the Ministry of Agriculture of the USSR.

The administration of state forest nurseries and of storing tree and shrub variety seeds — "Glavlessempitomnik" as part of the Ministry of Agriculture of the USSR is called upon to develop field protecting afforestation. This administration must provide collective farms with seeds and saplings of tree and shrub varieties through its tree-seed offices and large state forest nurseries. Besides, "Glavlessempitomnik" supervises the network of control tree-seed stations which appropate procured tree-seeds in the Soviet Union.

The primary and secondary administrations pay much attention to the care of forests, to measures furthering natural forest regeneration, to the control of selection and group

cuttings, ensuring conditions for successful regeneration. They also strive to raise the productivity of forests by means of draining over-moist forest areas, and to protect forests from parasitic insects and fungi diseases.

The Forest Patrol and Forest-Fire Brigade Landing Services which are subordinated to the Forestry and Shelter-Belt Planting Administration of the Ministry of Agriculture of the USSR are to be on the alert for forest fires and also to take measures to combat harmful forest insects and to sow tree-seeds by means of planes. This work is performed directly by aviation forest bases mainly situated in regions abundant in forests. In large forests especially vulnerable to fires there are special forest fire chemical stations equipped with means of transportation, chemicals and necessary equipment for extinguishing fires.

All the basic production measures are carried out at the cost of the state and only the working of forestry timber waste and production of consumers' goods are organized at the expense of the forestries.

For about a quarter of a century lumbering in the USSR for state needs has been headed by the Ministry of Forest Industry of the USSR which is the main official body in charge of lumbering.

There are also other departments taking part in lumbering and utilizing wood in their enterprises and construction works. In thinly forested regions and especially in the forests of Group I purveyances are conducted by forestries.

Of late, the main body in charge of lumbering — the Ministry of Forest Industry — plays an increasingly important role in this field. This makes it possible to use on an ever-growing scale the system which has already justified itself: that of assigning wood raw material bases to bodies in charge of lumbering for the whole term of their exploitation of large forests.

This system becomes very important when wood consumers' bases serve some large timber consuming factory, plant or a whole industrial center. Interrelations between forestry bodies and bodies responsible for lumbering as to storing wood and forest regeneration are regulated by special rules and instructions.

Enormous wood raw material resources and extensive areas where forest restoration work is being done will make it possible for many decades to come to continuously increase the quantity of wood provided by the forests of the USSR without causing any noticeable reduction of their wood stock.

The large-scale work on forest restoration (in connection with the development of lumbering, shelter afforestation and forest draining melioration necessitated the introduction of mechanization in all basic arduous processes of the lumbering industry. With this aim in view, the Ministry of Agriculture of the USSR began organizing mechanized forestries. Today all processes connected with draining forest areas, soil preparation, the seeding and planting of forests, the maintenance of tree varieties are, on the whole, mechanized.

One of the decisive conditions of forestry development in the USSR is the rapid growth of scientific research and large-scale work in training specialists. At present the problems of silviculture and timber industry are being studied in six special institutes of Academies of Sciences of the USSR (Academy of Sciences of the USSR, Academies of Sciences of the Ukrainian, Georgian, Byelorussian, Latvian and Lithuanian Soviet Socialist Republics), in 15 forest sectors and groups in the branches of the Academy of Sciences of the USSR, (Karelo-Finnish, Northern Komi, Uralsk, Western Siberian, Eastern Siberian, Far Eastern and other sectors and groups), and in the Academies of Sciences of the Union Republics which have no specialized institutes. There are 15 departmental scientific research organizations including eight specialized forestry organizations, scores and scores of experimental stations, forestries and factory and plant laboratories studying the problems of silviculture. These problems are also studied by the chairs of 11 special forest institutes, of many agricultural institutes, universities and other higher establishments of learning in the country. It should be recalled that in tsarist Russia there was only one higher forest establishment and one scientific research institution with 8 experimental forest divisions.

In 1954, in view of the special importance attached to forestry in the USSR instructions were given to open a special

pavilion at the All-Union Agricultural Exhibition in Moscow — "Forest Economy" — which is to show the advanced experience of silviculturists and forestries as well as the latest achievements of silvicultural science.

Forestry and Shelter Belt Planting

Administration

at the Ministry of Agriculture of the USSR

Moscow

В. И. СУКАЧЕВ

**О ТИПАХ ЛЕСА И ЗНАЧЕНИИ ИХ
ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА**

V. N. SUKACHEV

**FOREST TYPES AND THEIR
SIGNIFICANCE FOR FORESTRY**

О ТИПАХ ЛЕСА И ЗНАЧЕНИИ ИХ ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА

В мировой лесоводственной литературе текущего столетия большое внимание уделяется вопросу о так называемых типах леса, т. е. таких его классификационных подразделениях, которые характеризуются однородностью своих природных свойств. Хотя необходимость и возможность применения тех или иных лесохозяйственных мероприятий определяется прежде всего экономическими условиями, в которых в настоящее время находится лесное хозяйство данного лесного массива, однако проведение этих мероприятий в самой сильной степени зависит и от природных свойств леса. Под последними следует понимать особенности не только древостоя, но и всей среды его произрастания. Зная, в какой зависимости находятся те или иные лесохозяйственные мероприятия от природных свойств леса, каковы природные свойства различных участков данного лесного массива и как они распределяются по его территории, лесовод имеет возможность правильно выбрать форму лесохозяйственных мероприятий и своевременно провести и распределить их в лесу.

В настоящее время среди лесоводов, повидимому, нет двух мнений о том, что лесное хозяйство нуждается в лесной типологии, но имеются существенные разногласия относительно того, по каким же природным признакам надо расчленить лесной массив на типы и каков должен быть объем самого понятия тип леса, чтобы лесная типология с пользой была бы применена в лесном хозяйстве. Различные принципы лесной типологии, применяемые в Западной Европе и Северной Америке, могут быть сведены к двум основным категориям: 1) к расчленению

леса по почвенным условиям мест лесопроизрастания, что производится либо по непосредственному изучению почвы, либо по травяному или моховому покрову в лесу, который используется в качестве индикатора почвенных условий, главным образом как показатель степени минерального богатства и влажности почвы; 2) к подразделению леса по его растительности, т. е. к установлению лесных растительных ассоциаций как ботанических понятий. Первое направление нашло свое наиболее полное выражение в учении проф. Ф. Гартманна о типах лесных местопроизрастаний и в финской, называемой еще скандинавской, лесной типологии, которая сводится, в сущности, также к установлению типов лесорастительных условий. Второе направление наиболее ярко представлено французско-швейцарской фитосоциологической школой, возглавляемой ныне Браун-Бланк, к взглядам которого в той или иной степени примыкают воззрения австрийского ученого Айхингера и западно-германского ученого Тюксена. Его можно считать господствующим в Западной Европе и имеющим много адептов в Северной Америке. Это направление — ботаническое, точнее фитосоциологическое, или, как мы обычно говорим в Советском Союзе, фитоценологическое.

Советская лесная типология имеет ряд существенных отличий от обоих названных направлений. Беря свое начало от взглядов крупнейшего русского лесовода, проф. Г. Ф. Морозова¹, она усиленно развивается и применяется ныне в СССР.

Наиболее ясное представление о современном содержании лесной типологии в СССР могут дать результаты работ созданного Институтом леса АН СССР в 1950 г. Совещания по вопросам лесной типологии, напечатанные в «Грудах» Института, изданных Академией Наук СССР в 1951 г.

Решения, принятые этим Совещанием, базировались на следующих общих соображениях. Так как лесная типология должна помочь лесоводу в организации лесного хозяйства и в наиболее рациональном проведении лесохозяйственных мероприятий, то при установлении принципов, по которым должна

¹ В первом периоде своей деятельности Г. Ф. Морозов в основу подразделения леса на типы насаждений ставил сходство условий местопроизрастаний их. Впоследствии он расширил базу своей лесной типологии.

строиться лесная типология, необходимо прежде всего установить, какие природные свойства леса могут влиять на проведение тех или иных лесохозяйственных мероприятий. Когда мы с этой точки зрения рассматриваем главнейшие из них, например рубку леса, уход за лесом, содействие естественному возобновлению, очистку лесосек, борьбу с пожарами и вредителями леса, сохранение и усиление водоохранных и защитных свойств леса и пр., мы видим, что каждое из этих мероприятий, помимо главной древесной породы, которая является обычно либо основным объектом эксплуатации леса, либо объектом, определяющим по преимуществу интересующие нас полезные свойства леса, связано со свойствами другой лесной растительности (подлеском, травяным и моховым покровами, микроорганизмами в почве) и с почвенно-гидрологическими и климатическими условиями среды.

Каждое в отдельности лесохозяйственное мероприятие неодинаково зависит от всех свойств лесного сообщества и среды его обитания, и обычно одно или несколько свойств имеют особое значение; однако приходится принять во внимание, во-первых, то, что помимо какого-либо одного фактора, от которого по преимуществу зависит данное мероприятие, имеются и другие факторы, которые нельзя игнорировать, и, во-вторых, то, что все эти условия находятся во взаимодействии и, следовательно, сам главный фактор зависит от других. Поэтому, кроме фактора, от которого главным образом зависит интересующее нас хозяйственное мероприятие, мы должны учесть и другие свойства среды, влияющие либо на это мероприятие, либо на главный его фактор.

В сущности, все наши хозяйственные мероприятия сводятся к регулированию взаимоотношений (взаимодействий) между деревьями древостоя, между ними и другой растительностью (вторым ярусом, подлеском, травяным и моховым покровами, микроорганизмами) и животным миром, а также между ними и почвой и климатом приземного слоя. При учете взаимодействия древостоя с почвой нам важно знать экологические свойства древесных пород и свойства почвы, главным образом ее влажность, наличие и количество вредных и полезных минеральных веществ в ней, ее аэрацию, pH, состав почвенного воздуха и

плотность почв. Из свойств приземного слоя атмосферы (фитоклимата) нас особенно интересуют освещение, температура, влажность и движение воздуха, содержание CO_2 .

Но при учете свойств этих компонентов леса, взаимодействующих с древостоем, мы должны помнить, что все они сами, как сказано выше, находятся во взаимодействии и каждый из них в своих свойствах в известной степени зависит от свойств других. При этом, конечно, должно быть учтено влияние на лес хозяйственной деятельности человека.

Из всего сказанного следует, что типы леса, выделяемые в интересах лесного хозяйства, должны быть однородны по совокупности всех компонентов леса (древесные породы, прочая растительность, климат, почва, животный мир). Особенно важно при этом еще раз подчеркнуть,— и это всегда необходимо помнить,— что все эти составные части леса, его компоненты, находятся во взаимном влиянии. Деревья, другие растения, животные, присутствующие в данном фитоценозе, находятся не только между собой, но и со всей средой в столь тесных взаимоотношениях, что в совокупности представляют в известном смысле некое единство, живущее своей особой жизнью и развивающееся по своим особым законам. В последнее время оно получило в СССР наименование биогеоценоза. К этому понятию очень близко подошел в последние годы своей жизни Г. Ф. Морозов, но он называл его биоценозом. Однако под биоценозом, как вообще принято, следует понимать лишь сообщество растений и животных вместе. К понятию биогеоценоза подходили также близко и некоторые другие авторы как в России и СССР, так и в других странах, но их трактовка этого понятия была в той или иной степени иная и они пользовались другими терминами. Развиваемое в этой статье понятие биогеоценоза было впервые ясно определено в советской литературе в 1941 г. и названо геоценозом. Однако вскоре после этого оно было названо биогеоценозом, с целью подчеркнуть значение организмов. Можно дать ему следующее определение: **биогеоценоз** представляет собой всякий участок земной поверхности, где на известном протяжении биоценоз и отвечающие ему части атмосферы, литосферы, гидросферы и педосферы остаются одинаковыми, имеющими однородный характер взаимодействия между

ними и поэтому в совокупности образующие единый, внутренне взаимообусловленный комплекс. Биоценоз складывается из фитоценоза (растительного сообщества) и зооценоза, также взаимодействующих между собой. Под зооценозом же понимается все животное население, включая и простейших, населяющее данный фитоценоз. Участки почвы (а частью и подпочвы) и атмосферы, пространственно соответствующие данному биоценозу, в совокупности образуют биотоп (эдафотоп и климатоп). Поэтому, как правило, границы отдельного биогеоценоза определяются фитоценозом (растительным сообществом) в смысле индивидуума растительной ассоциации, т. е. лесным насаждением, когда речь идет о лесе.

Биогеоценозы, однородные во всех своих существенных признаках и свойствах, объединяются в тип биогеоценоза. Таким образом, соотношение понятий «биогеоценоз» и «тип биогеоценоза» соответствует соотношению понятий отдельного насаждения (индивидуума ассоциации в понимании Браун-Бланке, или фитоценоза в понимании советских ботаников) и типа растительных сообществ, т. е. растительной ассоциации.

Из сказанного ясно, что в интересах практики лесного хозяйства тип леса надо понимать именно как тип лесного биогеоценоза.

Поэтому при практическом применении лесной типологии в лесном хозяйстве можно рекомендовать пользоваться следующим определением типа леса.

Тип леса — это объединение участков леса (отдельных лесных биогеоценозов), однородных по составу древесных пород, по другим ярусам растительности и фауне, по комплексу лесорастительных условий (климатических, почвенных и гидрологических), по взаимоотношениям между растениями и средой, по восстановительным процессам и направлению смен в них, а, следовательно, требующих при одинаковых экономических условиях однородных лесохозяйственных мероприятий.

Давая такое определение типа леса, естественно, надо признать, что лес в целом есть понятие географическое, включающее в себя и фауну, населяющую лес, и климатические (точнее, атмосферные), гидрологические и почвенные условия, составляющие среду существования лесных растений и животных.

Ботаническим же понятием является лишь лесная растительность. Г. Ф. Морозов еще в первое десятилетие этого века подчеркивал, что лес — есть географическое понятие. Любой участок земной поверхности подвержен непрерывным изменениям. Поэтому естественно, что каждый лесной биогеоценоз не представляет собой чего-либо постоянного, неизменного: он все время подвержен изменениям, находится в динамике. При изучении леса и при ведении хозяйства в нем необходимо не упускать из виду его динамику. Это, между прочим, нашло свое выражение в учении проф. Айхингера о типах развития растительности, разработанном им подробно для лесной растительности. Однако он имеет в виду лишь растительность. Надо же подходить к динамике типа леса как типа лесного биогеоценоза.

Типы леса, понятно, могут быть установлены только в местности, покрытой лесом. Но мы можем оценивать и территории, не покрытые лесом, с точки зрения их пригодности для разведения тех или иных древесных пород. В этом случае нас будут интересовать лесорастительные условия данных территорий, которые по степени своей пригодности для разведения леса могут быть расчленены на типы лесорастительных условий. Конечно, последние можно устанавливать и в местности, покрытой лесом.

Как правило, между типами леса и типами лесорастительных условий наблюдается соответствие. Однако возможны случаи, когда при одном и том же типе лесорастительных условий, как в природе, так и в культуре, благодаря разному составу древесных пород, имеются разные типы леса. Поэтому понятие «тип леса» заменить понятием «тип лесорастительных условий» нельзя.

Типы лесорастительных условий имеют особенное значение при создании лесных культур как на местах, бывших раньше под лесом, так и на безлесных территориях, а также при проведении мероприятий по поддержанию или изменению состава древостоев в желательном для нас направлении путем воздействия на процесс естественного восстановления и ухода за лесом. С другой стороны, все мероприятия, связанные с эксплуатацией леса, его главным и побочным использованием, содействием естественному возобновлению, регулированием

водоохранной и почвозащитной роли леса, его улучшением и преобразованием в интересах человека и т. п., должны отвечать свойствам типов леса как типов лесных биогеоценозов.

Тип лесорастительных условий можно определить как объединение участков территорий, отличающихся однородной лесорастительной способностью, т. е. имеющих однородный комплекс действующих на растительность природных (климатических и почвенно-грунтовых) факторов. В пределах одного и того же типа лесорастительных условий может быть несколько типов леса. Но это не противоречит положению, что каждый тип леса имеет свой особый комплекс почвенно-климатических условий, поскольку эти последние зависят от растительности.

Рассматривая тип леса как основную классификационную единицу в лесной типологии, далее можно эти типы объединить в более крупные классификационные единицы — группы, семейства, классы типов и т. д. Среди признаков, которые должны быть использованы при установлении этих высших классификационных единиц, первое место принадлежит составу древесных пород.

Более крупные, чем тип леса, классификационные единицы в лесной типологии разработаны еще очень мало. Разработка их — дело будущего. Чем большее число лесоводственно важных признаков будет привлечено к построению классификации леса, тем более она будет естественной и тем больше будет отвечать запросам практики лесного хозяйства.

В отношении названия типов леса ныне нет еще общепринятой системы. Передко, кроме того, путают принципы номенклатуры типов с принципами их установления. Нельзя требовать, чтобы наименование типа охватило все, даже главнейшие его признаки и свойства. Это привело бы к громоздкости названий типов. Название есть условное краткое выражение, применяемое для обозначения типа. Конечно, желательно, чтобы название было меткое, чтобы с ним легко ассоциировалось общее представление о типе, но из этого не следует, что в названии типа надо отразить все его существенные, нужные нам признаки. При этом удобно пользоваться двойными названиями — родовыми и видовыми. Родовое название должно соответствовать более крупному объединению, чем тип. Его лучше всего

устанавливать по древесной породе, основной в данном типе (например, сосняк, ельник, дубняк, кедровник, лиственничник и т. п.). Видовые названия типа желательно производить от какого-либо характерного, специфического для данного типа признака; например, можно использовать травяной или мохово-лишайниковый покровы, говоря: ельник-кисличник, ельник-долгомошник (с кукушкиным льном), кедровник-зеленомошник, сосняк лишайниковый и т. п. Пользование для наименования типа живым папочвенным покровом имеет то удобство, что растения часто являются хорошими показателями (индикаторами) условий местообитания. Это было уже издавна замечено и народом и практиками-лесоводами. Однако надо отметить, что далеко не всегда можно использовать живой папочвенный покров для этой цели. В нем не всегда есть определенное растение, характерное для типа или с названием, удобным для образования наименования типа. В этих случаях можно использовать другие ярусы растительности или условия местопроизрастания, например, сосняк лесинный (*Pinetum corylosum*), дубняк сытевый (*Quercetum aegopodiosum*), лиственничник пойменный (*Laricetum inundatum*).

Из определения типа леса как совокупности участков леса, однородных по растительности, почвенно-геологическим условиям и по направлению динамики, следует, во-первых, что одни и те же типы леса сохраняются только в пределах однородной в климатическом отношении области; во-вторых, что типы в основном закономерно связаны с рельефом; в-третьих, что воздействие человека на лес значительно разнообразит типы леса; наконец, в-четвертых, что тип леса — довольно узкое понятие, и в любом лесном массиве может быть установлено, как правило, значительное количество типов. Однако обычно далеко не все типы занимают столь значительную территорию, чтобы лесное хозяйство обязано было с ними считаться. Типы, занимающие совсем незначительные территории, лесовод может не принимать во внимание.

При использовании типов леса в лесном хозяйстве необходимо учитывать, что разные лесохозяйственные мероприятия связаны с различными свойствами типов леса. Поэтому типы при проведении тех или иных лесохозяйственных мероприятий

должны быть объединяемы в хозяйственные группы. Если, например, имеется в виду главная рубка, то устанавливаются такие хозяйственные группы, которые объединяют типы, однородные по составу, таксационным элементам и техническим особенностям древостоев. Если предпринимается искусственное возобновление леса и в связи с этим нас будут интересовать почвенно-гидрологические условия, т. е. типы лесорастительных условий, то их надо положить в основу объединения типов в хозяйственные группы. Если речь идет об охране леса от пожаров, следует проводить такое объединение типов, которое даст группы, однородные по легкости возникновения пожаров и по свойствам, определяющим меры борьбы с ними, и т. д.

Если задачи лесной типологии сводятся главным образом к правильному распределению лесохозяйственных мероприятий в соответствии с природными свойствами леса, то ясно, что свойства типов, на которых базируются или от которых зависят эти мероприятия, должны быть хорошо известны. От степени изученности лесоводственных свойств типов, с одной стороны, и от понимания связи хозяйственных мероприятий с природными свойствами леса — с другой, зависит более полное использование данных лесной типологии в практике.

Для пространственного распределения лесохозяйственных мероприятий по тем или иным частям лесного массива почти всегда необходимо знать, как распределены типы леса в массиве. Поэтому составление карты типов леса значительно облегчает их использование в практике лесного хозяйства.

Из всего изложенного вытекает, что правильное, хорошо обоснованное выделение типов леса, а тем более полное использование лесной типологии в лесном хозяйстве требуют глубокого комплексного изучения свойств и особенностей всех компонентов лесных биогеоценозов, их взаимодействия между собою и взаимодействия данных биогеоценозов с другими. Это может быть осуществлено лишь путем круглогодичных, достаточно длительных стационарных и экспериментальных исследований. При этих исследованиях должны изучаться климатические (точнее, атмосферные) особенности данного лесного биогеоценоза — как общие, так и особенно в различных его ярусах, его почвенные и гидрологические условия, растительность всех

ирусов, т. е. древесная и кустарниковая, травяная и моховая, и фауна как позвоночных, так беспозвоночных, и особенно микроорганизмы, роль которых в жизни всего биогеоценоза, как все более и более выясняется, огромна. Особенно же важно подчеркнуть, что глубокое изучение этих компонентов лесного биогеоценоза должно сопровождаться изучением их взаимосвязей, их взаимодействий между собой и с взаимодействием всего биогеоценоза в целом с его средой существования, т. е. с окружающими его другими биогеоценозами. Существенную роль в этом комплексе исследований должно играть изучение физиологии, экологии и биологии всех организмов, населяющих данный биогеоценоз, и особенно древесных растений. Для последних необходимо также изучение анатомического строения, физико-механических и химических свойств древесины, а из их биологических свойств — особенно изучение плодоношения, семенного и вегетативного размножения, способов расселения и возобновления, а также устойчивости их против всякого рода болезней и вредных на них влияний.

Изучение биогеоценозов в целом должно складываться из исследования внутривидовых и межвидовых взаимоотношений среди лесных организмов, а также динамики лесных биогеоценозов, их развития и смен одних другими.

Большое значение имеет физико-химическое и биологическое изучение так называемой «лесной подстилки», т. е. того слоя отмерших растительных остатков, который накапливается в лесу на почве, и его населения — как крупных организмов (насекомых, червей и др.), так и особенно микроорганизмов. Лесная подстилка играет одну из основных ролей в круговороте вещества и энергии в биогеоценозе.

Основная задача всех этих комплексных исследований состоит в том, чтобы возможно ближе подойти к ясному пониманию процесса обращения и превращения вещества и энергии как между компонентами данного биогеоценоза, так и между ним и другими биогеоценозами и вообще с другими явлениями природы. Ведь все лесохозяйственные мероприятия, в сущности, сводятся к управлению этими процессами превращения вещества и энергии и направлению их в сторону, обеспечивающую получение максимума пользы от леса.

Все эти исследования должны быть строго согласованы и увязаны между собой и иметь единую целеустремленность, направленную на разработку глубоких научных обоснований наиболее рационального применения всех лесохозяйственных мероприятий.

Отсюда ясно, что в этих комплексных исследованиях должны принять участие, кроме лесоводов, ботаники и зоологи разных специальностей, микробиологи, климатологи, почвоведы и гидрологи. Это направление работ по лесной типологии в последние годы все более и более развивается в Советском Союзе.

Хотя типы леса практически выделяются на основании признаков, легко различаемых при полевом обследовании лесов, однако и при этом надо не упускать из виду, что все компоненты лесного биогеоценоза имеют значение для установления типов и все находятся во взаимодействии. Эти идеи должны направлять исследовательскую мысль и при полевом изучении леса, но главным образом при организации стационарных комплексных исследований типов леса, так как степень использования в практике лесной типологии зависит от глубины изучения всех компонентов леса, особенно же их взаимодействий, их связей между собой и с окружающей их средой. Этот взгляд на лес как на географическое, точнее, биогеографическое явление, где его биологические и физико-географические компоненты составляют единство, характерен для новейшего направления советской лесной типологии.

В интересах мирового лесного хозяйства желательно объединение принципов лесной типологии в международном масштабе. Такое объединение могло бы составить благодарную задачу для настоящего IV Лесного конгресса. Мне кажется, что изложенные в этой статье наиболее важные положения лесной типологии могли бы лечь в основу общих принципов типологии для лесов всех растительных зон.

*Институт леса
Академии Наук СССР
Москва*

FOREST TYPES AND THEIR SIGNIFICANCE FOR FORESTRY

During this century great attention has been devoted in world literature on forestry to the question of so-called forest types, i. e., to such forest classification units which possess homogeneous natural properties. This has been called for by the fact that the implementation of any measures in the field of forestry greatly depends on the natural properties of forests, which implies not only the peculiarities of stands, but the whole of the environment of the site as well, though the need for and the possibility of carrying out these measures are primarily determined by the economic conditions of forestry in a given forest tract. Having full knowledge of the dependence of given forestry measures on the natural properties of the forest and taking account of the natural properties of plots of a given forest tract and their distribution over the tract, the forester is able to choose the proper forestry measures and carry them out in due time.

At the present time silviculturists seem to agree that forest economy is in need of a forest typology, but there exists a considerable difference of opinion as to the natural characters according to which a forest tract is to be subdivided and as to the exact concept of the forest type so that forest typology might be usefully applied in forest economy. The various principles of forest typology applied in Western Europe and in North America can be reduced to the following two main categories: 1) classification of forests according to soil conditions; this being effected either by investigating the soil directly or by the grass or moss covering in the forests, which serves to indicate the soil conditions, chiefly the degree of mineral wealth and humidity of the soil; 2) the

subdivision of a forest according to its vegetation, i. e., the fixing of forest vegetative associations as botanical concepts. The first trend has been most fully manifested in Professor F. Hartmann's doctrine on the types of forest sites in the Finnish, also Scandinavian, forest typology which virtually comes to the establishment of types of site conditions. The second trend has been best represented by the French and Swiss phytosociological school which is now headed by Braun-Blanquet whose views are to some extent a counterpart of those held by the Austrian scientist Aichinger and the West-German scientist Tücksen. This trend may be considered predominant in Western Europe and it also has many followers in North America. This is a botanical trend, or, to be more exact, a phytosociological or, as it is usually spoken of in the Soviet Union, a phytocenological trend.

Soviet forest typology substantially differs from the above two trends. Having been originated by Professor G. F. Morozov¹, an outstanding Russian silviculturist, it is now being intensively developed and applied in the USSR. A very clear idea of the present-day content of forest typology in the USSR can be gained from the results of the work of the Conference on Forest Typology convoked by the Institute of Forests of the Academy of Sciences of the USSR in 1950 and from the "Proceedings" of the Institute published by the Academy of Sciences of the USSR in 1951.

The decisions taken by the Conference were based on the following general considerations. Since forest typology is to help the forester in organizing forest economy and in carrying out most rationally forestry measures, it is necessary first of all to ascertain, when establishing the principles on which forest typology is to be based, which natural properties of forests are capable of influencing the implementation of some or other forestry measures. Now let us analyze from this point of view some of the most important measures, such as felling, forest maintenance, assisting natural reproduction, clearing felling areas, combating fires and forest pests, the preservation and intensification

¹ In the first period of his activities G. F. Morozov proceeded from the similarity of sites as the basis for grouping forests into types of plantings. Subsequently he broadened the basis of his forest typology.

of water and other protective properties of the forests, etc. We can see then that each of these measures bears not only upon the properties of the main arboreous stock which is either the chief object of utilizing the forests, or the determinant of the properties that primarily interest us: it also bears upon the properties of the other forest vegetation (underwood, grass and moss covering and microorganisms in the soil) and upon the climatic, soil and hydrological conditions of environment.

Each of these forestry measures, taken separately, does not depend to an equal degree on all the properties of the forest community: as a rule, one or several properties are of particular importance. The fact should, however, be taken into account that, firstly, besides some factor which chiefly determines the given measure, there are other factors not to be ignored; secondly, that all these conditions act reciprocally, and hence the chief factor itself depends on others. Consequently, in addition to the factor which chiefly determines the economic measure of interest to us, we should also take into consideration the other properties of environment influencing either this measure or its chief factor.

Factually all our economic measures serve to regulate the relationships within the tree stands and between them and the other vegetation (the second layer, the underwood, the grass and moss coverings, and the microorganisms), as well as the interaction between the animal world, the tree stands and the soil and climate of the land layer. When considering the interaction between the stands and the soil, it is important to know the ecological properties of the arboreous stock and those of the soil, and, above all, its humidity, the presence and quantity of harmful and useful mineral matter within it, its aeration, pH, the composition of the soil air and the compactness of the soil. Of particular interest among the properties of the land layer of atmosphere (phytoclimate) are the light, temperature, humidity and movement of the air and the CO₂ content.

However, when taking account of the properties of these components of the forest which interact with the tree stands, we should bear in mind that all of them, as stated above, have reciprocal effect, and the properties of each of them depend to

some degree on the properties of the others. Naturally enough, the influence of man's economic activities on the forest should likewise be taken into consideration.

It follows from the above that the types of forest which are selected for forest economy should be homogeneous with reference to the aggregate of all the components of the forest (arboreal stock, other vegetation, the climate, the soil and the animal kingdom). It should again be stressed and never left out of account that all these component parts have reciprocal effect on one another. Trees, other plants and animals present in a given phytocenose are so closely related to one another and to the whole of the environment that in the aggregate they represent some unity that leads its own peculiar life and develops according to its own peculiar laws. Lately this unity has been named biogeocenosis in the USSR. In the last few years of his life Professor G. F. Morozov came very near grasping this concept but he called it biocenosis. Biocenosis, as the term is generally accepted, implies no more than a community of plants and animals living together. Some other authors both in old Russia and the USSR and in other countries came very near grasping the concept of biogeocenosis, but their interpretation of the concept was somewhat different and they used other terms.

The concept of biogeocenosis developed in this paper was clearly defined for the first time in Soviet publications in 1941 as geocenosis. Soon afterwards, however, it was called biogeocenosis in order to stress the importance of organisms in its life. It can be defined as follows: *biogeocenosis* is any plot of the surface of the globe where for some space biocenosis and the parts of atmosphere, lithosphere, hydrosphere and pedosphere that correspond to it remain the same and react on one another in a uniform way, thus forming in the aggregate an indivisible interdependent complex. Biocenosis is made up of phytocenose (plant community) and zoocenose which also react on one another. Zoocenose implies the entire animal population including the simplest specimens which inhabit the given phytocenose. Those plots of soil (and partly of subsoil) and atmosphere which correspond in space to the given biocenosis combine to form a biotope (edaphotope and climatope). Hence the boundaries of an individual

biogeocenosis are, as a rule, determined by phytocenose (plant community), as a specimen of vegetative association, i. e., by forest sites, when speaking of forests.

Those biogeocenoses whose major character and properties are uniform are classified as a type of biogeocenosis. Hence the relationship between the concepts "Biogeocenosis" and "Biogeocenosis Type" correspond to that between the concepts of an individual planting (a specimen of an association, as understood by Braun-Blanquet, or phytocenose, as understood by Soviet botanists) and of a type of plant communities, i. e., vegetative association.

It is clear from the above that in the interests of practical forestry economy forest types should be understood as forest biogeocenosis types.

Consequently, the following definition of a forest type might be recommended for the practical application of forest typology in forestry.

A forest type is a combination of forest plots (individual forest biogeocenoses) which are homogeneous by the composition of the arboreal stock, by the other layers of vegetation and fauna, by the complex of site factors (climatic, soil and hydrological), by the relationships between the plants and environment, by the processes of reproduction and by the trend of changes within them. Hence, in similar economic conditions these plots require the same forestry measures.

When thus defining a forest type one should naturally accept the fact that the forest as a whole is a geographical concept embodying the fauna that inhabits the forest and the climatic (to be more exact the atmospheric), hydrological and soil conditions which make up the environment of existence of plants and animals while forest vegetation is only a botanical concept. It was stressed by G. F. Morozov as far back as the first decade of this century that the forest is a geographical concept.

Any plot of the surface of the globe is subject to continuous changes. It is therefore natural that no forest biogeocenosis is something constant or unalterable: it is ever changing and is always in a dynamic state. When studying the forest and managing the work of its economy the dynamic element should not be overlooked. Incidentally, this has been reflected in Professor Aichin-

ger's doctrine on the types of development of vegetation that he elaborated in detail with reference to forest vegetation. He means, however, only vegetation, while the dynamics of a forest type should be treated as those of a type of forest biogeocenosis.

It goes without saying that forest types can be established only in localities covered with forests. And yet we are in a position to appraise territories not covered by forests from the viewpoint of their suitability for cultivating one or another arboreal stock. In this case we shall be interested in the site conditions of those territories which by their degree of suitability for cultivating forests may be grouped into types of site conditions. Naturally enough, the types can likewise be defined in localities covered with forests.

As a rule, forest types and site types are congruous. There are, however, cases of various types of forest with the same type of site conditions, both natural and cultured, which results from a different composition of the arboreal stock. Hence the concept of forest type cannot be replaced by the concept of site conditions.

Site type conditions are of particular importance when dealing with forest crops both in places formerly covered with forests and on woodless territories, as well as when carrying out measures aimed at preserving or changing the composition of stands in a direction desirable to us by influencing the process of natural reproduction and forest maintenance. On the other hand, all the measures connected with forest exploitation, its primary and secondary utilization, assisting natural reproduction, control over water and soil protective functions of forests, their improvement and transformation in the interests of man, etc., should conform with the properties of the types of forests, as types of forest biogeocenosis.

The type of site conditions can be defined as a combination of plots of territories noted for their homogeneous site capacity, i. e., possessing a complex of homogeneous natural (climatic, soil and ground) factors influencing vegetation. Within the same type of site conditions several forest types may be found. This does not, however, reject the premise that each forest type has its own peculiar complex of soil and climatic conditions since these depend on vegetation.

In considering the forest type as the basic classification unit in forest typology, one can proceed to combine these types into larger classification units, groups, families, classes, etc. The composition of arboreous stock ranks first among the characters to be used in fixing these higher classification units.

Classification units larger than forest types have so far been worked out in forest typology in no great number. Their elaboration is a task that still lies ahead. The greater the number of characters important from the viewpoint of forestry on which the classification of forests is based, the more natural will it be and the greater the extent to which it will meet the requirements of practical forestry.

There does not yet exist any universally accepted system with regard to the names of forest types. In addition, the principles of type terminology are not infrequently confused with those of fixing the types. The demand that the name of a type should be all-embracing, including all its principal characters and properties, cannot be justified. This would make the names of types cumbersome. A name is a conventional brief expression used to designate a type. It is of course desirable that the name should be well chosen and could be easily associated with the general notion of the type. But it does not mean that the name of the type must express all its characters vitally necessary for us. In such cases it is practical to use double names—generic and specific. The generic name should correspond to a larger combination than that of a type. It should be best fixed according to the arboreous stock which is basic for the given type (for example, pine forest, fir-wood, oak-wood, cedar forest, larch-wood, etc.). The specific names of type should by preference be deduced from some character peculiar to this type. The grass or moss and lichen coverings might be used, as for instance: *Picetum oxalidorum*, *Picetum polytrichosum*, *Cembretum hylocomidum*, *Pinetum cladinosum*, etc.

Using the living surface covering to name a type has the advantage in that plants are often very indicative of the habitat conditions. This has long been observed by the people and practical foresters. It must be noted however that the living surface covering cannot always be used for this purpose. It does not always

include a definite plant characteristic of the type or bearing a name convenient to designate a type. In such cases other layers of vegetation can be used as well as habitat conditions (for instance *Pinetum corylosum*, *Quercetum aegopodiosum* and *Laricetum inundatum*).

From the definition of forest types as combinations of forest plots with homogeneous vegetation, soil and geological conditions and the trend of dynamics it follows: 1) the one and the same type of forest is maintained only within a region which is homogeneous with regard to climate; 2) the types are in the main dependent on the terrain; 3) man's influence on the forests greatly diversifies their types; and finally, 4) the type of a forest is a rather limited notion, and, as a rule, a considerable number of types can be found in any forest tract. Generally, however, not every type covers such a considerable territory that forestry need take it into consideration. A forester need not take into account types which cover quite small territories.

When utilizing any forest types in forestry it is necessary to bear in mind that different measures in the field of forestry are bound with the various properties of the types of forests. Therefore, when any forestry measures are carried out, the types should be combined into economic groups. When, for example, large-scale felling for industrial purposes is contemplated, economic groups should be fixed that combine groups homogeneous in their composition, elements of assessment and technical peculiarities of the stands are concerned. When artificial reproduction of forests is undertaken, and as a result the soil and hydrological conditions, i. e., the types of site conditions, become of interest to us, these are to be taken as a basis for combining types into economic groups. If we strive to protect the forests from fire, the types should be combined in such a manner as to produce groups homogeneous with respect to the danger of fires and the properties that predetermine the measures to combat them. These examples can be multiplied.

If the tasks of forest typology come in the main to a proper distribution of forestry measures in accordance with the natural properties of forests, it is clear that the properties of the types on which these measures are based or dependent should be well

known. The greater practical use of the data of forest typology depends on the degree of familiarity with the forestry properties of the types, on the one hand, and on the understanding of the connection between the economic measures with the natural properties of forests, on the other hand.

For a spatial distribution of forestry measures over any part of a forest tract it is almost always necessary to know the distribution of forest types within the tract. Hence the making of a map of forest types considerably facilitates their use in practical forestry.

It follows from the above that proper, well substantiated grouping of forest types and above all the full use of forest typology in forestry requires a profound complex study of properties and peculiarities of all the components of forest biogeocenoses, of their reciprocal action on one another and of the interaction between the given biogeocenoses and others. This can be accomplished only by means of prolonged stationary and experimental investigations carried out the year round. These investigations should be devoted to the study of climatic (to be more exact, atmospheric) peculiarities of the given forest biogeocenosis, both general and particularly in its various layers, as well as of its soil and hydrological conditions, of all the vegetation of its layers, i. e., tree and shrub, grass and moss, and of the fauna of both vertebrates and invertebrates, and especially microorganisms, which, as has been ascertained, play an ever-increasing role in the life of the whole biogeocenosis. It should be particularly stressed that the profound study of these components of forest biogeocenosis should be accompanied by an investigation of their correlation, their interaction and the interdependence between the biogeocenosis as a whole and its environment, i. e., the other biogeocenoses surrounding it. The study of the physiology, ecology and biology of all organisms inhabiting the given biogeocenosis and especially of tree plants should play an important part in these complex investigations. When studying tree plants it is also necessary to investigate the anatomical structure, physical, mechanical and chemical properties of the wood, as well as their biological properties and particularly to investigate fruit-bearing, seed and vegetative propagation, the methods of

their distribution and reproduction, as well as their resistance to all kinds of diseases and harmful influences.

The study of biogeocenoses as a whole should consist of investigating the interspecific and intraspecific relationships among the forest organisms, as well as the dynamics of the forest biogeocenoses, their development and replacement of some species by others.

Of great importance is the physical, chemical and biological study of the so-called forest litter, i. e., the layer of dead plant remains which accumulate on the soil in the forest and of its population: large-sized organisms (insects, worms, etc.) and particularly microorganisms. Forest litter plays a major part in the circuit of matter and energy in a biogeocenosis.

The chief aim of all these complex investigations is to come as near as possible to a clear understanding of the process of circulation and transformation of matter and energy both within the components of a given biogeocenosis and between the latter and other biogeocenoses and between other phenomena of nature in general. As a matter of fact, all forestry measures come to controlling these processes of transformation of matter and energy and regulating them in a direction that provides for maximum benefit from forests.

All these investigations should be in close agreement and conformity and its leading motive should be to elaborate profound scientific substantiations of the most rational application of all forestry measures.

It is clear from the above that, in addition to foresters, in these complex investigations should take part botanists and zoologists of various specialities and also microbiologists, climatologists, soil experts and hydrologists. Soviet scientists in the last few years have been developing work on forest typology along these lines.

Forest types are in practice classified on the basis of characters that are easily distinguishable when making a field exploration of forests. Yet it should be borne in mind that all the components of forest biogeocenosis are of importance when fixing types and that all of them are interrelated. These ideas should guide the investigation effort and the field exploration of forests. These ideas should

be especially taken into consideration when organizing stationary complex investigations of the forest types, since the degree of using forest typology in practice depends on the depth of study of all the components of the forest, especially of their interdependence and their correlation within themselves and with environment. This view of the forest as a geographical or, to be more exact, a biogeographical phenomenon, whereby its biological and physical and geographical components constitute a unity, are characteristic of the latest trend in Soviet forest typology.

It is desirable in the interests of world forestry that the principles of forest typology should be unified on an international scale. Such unification might constitute a useful task for the present IV Forest Congress. In my opinion the main suggestions on forest typology set forth in this paper might be taken as a basis of the general principles of typology of forests in every vegetation zone.

*The Institute
of Forests of the Academy
of Sciences of the USSR
Moscow*

Г. П. МОТОВИЛОВ

**ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕСНОЙ ТИПОЛОГИИ
ПРИ УСТРОЙСТВЕ ЛЕСОВ
СССР**

G. P. MOTOVILOV

**APPLICATION OF FOREST TYPOLOGY
IN FOREST MANAGEMENT
IN THE USSR**

ПРИМЕНЕНИЕ ЛЕСНОЙ ТИПОЛОГИИ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ЛЕСОВ СССР

С целью учета природного разнообразия лесов, для классификации физико-географических условий произрастания необходимо группировать естественноисторическое многообразие природных характеристик в однородные по существенным признакам категории, каковыми в лесном хозяйстве являются типы леса.

В советском лесном хозяйстве лесная типология широко используется. Установление типов лесных культур, подбор древесных и кустарниковых пород, порядок их смешения, проектирование способов и сроков подготовки почвы, уход за лесными культурами, выбор места для питомников, организация семенного дела и другие мероприятия по возобновлению и разведению леса основаны на использовании типов леса и типов условий местопроизрастания.

Например, в брусничниковых лесах в основном создаются культуры сосны чистого состава или с участием березы (до одной трети).

В типах условий местопроизрастания на более богатых почвах, где развиваются, например, такие типы леса, как сосняки грушанково-брусничные (*Pinetum piroloso-vaccinosum*), майниково-черничные (*Pinetum majanthemoso-myrtillosum*), ельники брусничные (*Piceetum vaccinosum*) и черничные (*Piceetum myrtillosum*), в составе лесных культур могут участвовать лиственница (*Larix sibirica* Ldb.), ель (*Picea excelsa* Link.), липа (*Tilia cordata* Mill.) и кустарниковые породы.

По мере повышения почвенного плодородия увеличивается количество древесных пород, слагающих древостой, создаваемые искусственным путем.

Для рубок ухода за лесом типы леса важнейших и наиболее распространенных древесных пород — сосны, ели, дуба и др. объединяются в группы типов и для каждой такой группы устанавливаются дифференцированные указания о технических приемах проведения того или иного вида рубок ухода (рубки осветления, прочистки, прореживания и проходные рубки). Например, сосновые типы леса объединяются для этой цели в три группы, еловые типы леса — в две, дубовые — в шесть групп и т. д. Способы главных рубок, мероприятия по защите леса от вредных насекомых, характер противопожарных мер также исходят из особенностей типов леса, устанавливаемых в пределах крупных лесорастительных зон.

Направление лесохозяйственных мероприятий по регулированию водного режима почв также зависит от характера типов леса.

Для этой цели все типы леса можно распределить на три группы по степени излишнего увлажнения.

1. Типы леса со слабой степенью излишнего увлажнения, где этот процесс хотя и снижает продуктивность древостоев, но борьба с ним может проводиться путем регулирования самой растительности. К этой категории относятся черничные (*Myrtillosa*) серии типов леса.

2. Типы леса со средней степенью излишнего увлажнения, где болотный процесс зависит от растительности, но воздействием на растительность не всегда можно регулировать процессы заболачивания. К этой категории относятся долгомошниковые (*Polytrichosa*) серии типов леса.

3. Типы леса с сильной степенью излишнего увлажнения, где гидротехнические мероприятия являются единственным способом их осушения, хотя они и не во всех типах леса этой серии дают положительные результаты. К площадям с сильной степенью увлажнения относятся сфагновые (*Sphagnosa*) и осоково-сфагновые (*Cariceto-sphagnosa*) серии типов леса.

В лесоустройстве применение лесной типологии особенно важно для организации хозяйства и проектирования лесохозяйственных мероприятий. С этой целью необходимо производить изучение и описание разнообразия природных условий роста леса.

При лесоинвентаризационных работах применение лесной типологии позволяет улучшить изучение природных условий роста леса, сокращая при этом объем описания естественно-исторических условий по каждому таксационному участку. Подробное описание почв, травяного и мохового покрова, кустарников и подлесочных пород заменяется условным шифром соответствующего типа леса. Для этой цели в каждом типе леса должны быть установлены внешние физиономические признаки, которые имеют видимый характер; различия или однородность их сравнительно легко устанавливаются таксатором. К ним относятся: форма древостоев, состав древесных и кустарниковых пород, видовой состав травяного и мохового покрова, комплекс почвенных и гидрологических условий: механический состав почв, степень их оподзоленности, производительность почв.

Для использования лесной типологии с целью организации хозяйства и проектирования лесохозяйственных мероприятий недостаточно знать и устанавливать лишь внешние морфологические признаки типов леса. Нужно знать и изучать их внутренние признаки, которые не всегда проявляются во внешних признаках.

К ним относятся: 1) комплекс лесорастительных условий: климатических (фитоклимат) и гидрологических (степень водоохранности); 2) взаимоотношения между растениями и средой; 3) восстановительные процессы; 4) направление смены пород; 5) фауна, а также деятельность бактерий и грибов.

Следует также изучить наиболее характерные процессы и явления, присущие типу леса, обращая особое внимание на те из них, которые задерживают рост и развитие леса, а также препятствуют наиболее полному проявлению лесом его положительных свойств, т. е. снижают его водоохранные, защитные, санитарно-гигиенические свойства, препятствуют выращиванию такого леса, который в лучшей степени удовлетворил бы народнохозяйственные потребности в древесине нужных пород, качеств и размеров. Зная направление развития природных процессов в естественных условиях роста леса, можно проектировать лесохозяйственные мероприятия, с тем чтобы стимулировать их, если они развиваются в направлении,

которое соответствует интересам лесного хозяйства, убыстрять их движение или, наоборот, препятствовать их развитию, направлять эти процессы в сторону, желательную для народного хозяйства, если эти явления и процессы неблагоприятно влияют на рост и развитие леса.

Например, в подзоне смешанных лесов европейской части СССР к основным природным факторам, ухудшающим рост и развитие леса и ослабляющим проявление лесом полезных свойств, относятся неблагоприятные элементы рельефа, в свою очередь определяющие такие явления, как сухость почв, излишнее увлажнение их и связанную с этим плохую аэрацию и подзолообразование; к таким же факторам относятся недостаток азота и элементов зольного питания, неблагоприятные межвидовые отношения древесных пород, кустарников, травяного и мохового покрова, а также отрицательные явления фитоклимата и механического состава почв.

Каждый из этих факторов присущ не всем типам леса, а некоторым из них, причем в одних типах леса главными являются одни факторы, ухудшающие рост леса, в других — другие.

Необходимо также изучать направление развития леса, с тем чтобы, зная эти закономерности, уметь активно воздействовать на развитие леса, направляя его в сторону, желательную для хозяйства.

Основное значение здесь имеют различия в степени возобновляемости лесов, в характере и направлении смен древесных пород.

Возобновляемость леса зависит не только от природных условий роста леса, но, пожалуй, еще в большей степени от форм воздействия человека на лес, иногда крайне простых. Поэтому такой критерий типа леса, как возобновляемость, следует считать условным.

Явления смены древесных пород, их характер и направление входят свое выражение в коренных и производных типах леса.

В основе типологической классификации лесов лежат природные признаки. Однако, признавая тип леса природным образованием, следует рассматривать его и в аспекте хозяйственной деятельности человека в лесу, с учетом тех разнообразных экономических условий, которые складываются в лесном

хозяйстве. В признаках типов леса экономические показатели не находят непосредственного отражения, но их влияние проявляется в том, что из природных факторов, положенных в основу типологической классификации лесов, используются те их элементы, которые отвечают хозяйственным запросам лесного хозяйства. Производственно-экономические условия лесного хозяйства находят отражение в лесной типологии также через дифференцированное использование типов леса и других лесотипологических подразделений при построении организационно-хозяйственных единиц и при проектировании лесохозяйственных мероприятий в разных условиях.

Классификационная система лесотипологических единиц для использования их при лесоустройстве может быть установлена в составе таких таксономических подразделений лесной типологии: а) тип лесорастительных условий; б) тип леса, выделяемый в пределах типа лесорастительных условий; в) серии типов леса, включающие в себя участки, относящиеся как к коренным, так и к производным типам леса в пределах одного типа лесорастительных условий; г) объединения типов леса с преобладанием одной древесной породы, которые могут включать разные типы лесорастительных условий.

В лесах разного народнохозяйственного назначения (эксплуатационные, водоохранные, ползащитные, почвозащитные, леса зеленых зон вокруг городов и т. д.), а также в лесах разного уровня интенсивности хозяйства при лесоустройстве, могут быть использованы разные лесотипологические единицы.

С этой целью, для установления направления хозяйства и системы лесохозяйственных мероприятий, в пределах лесов определенного народнохозяйственного назначения, типы леса или другие типологические единицы объединяются в организационно-хозяйственные единицы, так называемые «хозяйства» (секции).

Хозяйство есть организационно-хозяйственное подразделение, которое дает возможность дифференцировать направление хозяйственной деятельности в зависимости от особенностей и разнообразия природных условий в пределах территории лесов одного народнохозяйственного назначения и, в частности, для

проектирования системы лесохозяйственных мероприятий и проведения всех лесоводственно-технических расчетов.

В основе образования хозяйств должно лежать единство двух его элементов — цели и средств достижения цели в виде хозяйственных мероприятий. Так как направление лесохозяйственной деятельности зависит от назначения лесов, то и порядок объединения лесотипологических единиц в хозяйства в разных производственно-экономических условиях должен быть различным и определяться народнохозяйственным назначением лесов.

Для установления порядка объединения типов леса или других типологических единиц в хозяйства следует выяснить:

1) количественные соотношения площадей, занимаемых древостоями разных типов леса в устраиваемых объектах;

2) степень общности факторов, ухудшающих рост леса, и пути устранения или уменьшения их вредного влияния в разных типах леса;

3) особенности лесоводственно-технических оснований для объединения типов леса в хозяйстве в лесах разного народнохозяйственного назначения.

Например, образование хозяйства в эксплуатационных лесах должно исходить из учета следующих особенностей:

1) хозяйство направлено на выращивание древесины определенных древесных пород, качеств и размеров;

2) конечная цель достигается в определенном периоде роста и развития леса, когда количество деловой древесины желательных размеров наибольшее, а качество ее наилучшее.

Эти особенности вызывают необходимость образования более дифференцированных хозяйств.

За основу в каждом хозяйстве должны быть взяты ведущие по величине площади типы леса, с включением древостоев других типов, после установления степени их близости по природным признакам с основными типами леса.

В результате анализа природных свойств типов леса в одном из лесохозяйственных районов подзоны смешанных лесов в лесах эксплуатационного назначения схема объединения типов леса в хозяйство может быть такой, какая дана в табл. 1.

Единство цели и средств ее достижения в таких хозяйствах сочетаются в наибольшей степени. Вариации хозяйств могут

Т а б л и ц а 1

Схема объединения типов леса в «хозяйства»

Название хозяйства	Типы леса, включенные в хозяйство	Условия включения типов леса в хозяйство
Первое сосновое крупно-товарное хозяйство	1. Сосняк брусничный (<i>Pinetum vacciniosum</i>) 2. Сосняк черничный (<i>Pinetum myrtillosum</i>) 3. Сосняк майничково-черничный (<i>Pinetum majanthemoso-myrtillosum</i>) 4. Сосняк грушанково-брусничный (<i>Pinetum piroloso-vacciniosum</i>) 5. Сосняк лишайниковый (<i>Pinetum cladinosum</i>)	Постоянно включается При наличии больших площадей может быть образовано самостоятельное хозяйство
Второе сосновое крупно-товарное хозяйство	Сосняки сложные и кисличные (<i>Pineta composita et Pineta oxalidos</i>)	При небольшой площади типов леса включаются в первое сосновое хозяйство
Хвойное хозяйство на излишне увлажненных площадях	1. Сосняк долгомошниковый (<i>Pinetum polytrichosum</i>) 2. Сосняк хвощово-долгомошниковый (<i>Pinetum equisetoso-polytrichosum</i>) 3. Сосняк сфагновый (<i>Pinetum sphagnosum</i>) 4. Сосняк осоково-сфагновый (<i>Pinetum cariceto-sphagnosum</i>) 5. Ельник долгомошниковый (<i>Piceetum polytrichosum</i>) 6. Ельник сфагновый (<i>Piceetum sphagnosum</i>)	Постоянно включается При низкой проводимости — вне хозяйства Постоянно включается
Еловое крупно-товарное хозяйство	1. Ельник черничный (<i>Piceetum myrtillosum</i>) 2. Ельник брусничный (<i>Piceetum vacciniosum</i>) 3. Ельники сложные и кисличные (<i>Piceeta composita et Piceeta oxalidos</i>)	При условии выращивания ели При значительной площади — в самостоятельное хозяйство

Таблица 1 (продолжение)

Название хозяйства	Типы леса, включенные в хозяйство	Условия включения типов леса в хозяйство
Производные типы леса		
Лиственно-хвойное (березовое, осиновое) временное деловое хозяйство	1. Березняки, осинники грушанково-брусничные (<i>Betuleta, Tremuleta pilosulo-vacciniosa</i>)	С последующим переводом типов леса в коренные
	2. Березняки, осинники майниково-черничные (<i>Betuleta, Tremuleta majanthemoso-myrtillosa</i>)	То же
	3. Березняки, осинники липняковые, кисличные (<i>Betuleta, Tremuleta tilioso-oxalidosa</i>)	
	4. Березняки лишайниковые (<i>Betuleta cladiosa</i>)	
	5. Березняки брусничные (<i>Betuleta vacciniosa</i>)	
	6. Березняки черничные (<i>Betuleta myrtillosa</i>)	
Лиственное (березовое, осиновое) деловое хозяйство	То же	При выращивании лиственных в качестве главных пород
Мягколиственное хозяйство на излишне увлажненных площадях	1. Березняки долгомошниковые (<i>Betuleta polytrichosa</i>)	С осушением площадей
	2. Березняки сфагновые (<i>Betuleta sphagnosa</i>)	То же
	3. Березняки хвощово-долгомошниковые (<i>Betuleta equisetoso-polytrichosa</i>)	
	4. Березняки осоково-сфагновые (<i>Betuleta cariceto-sphagnosa</i>)	
	5. Осинники хвощово-долгомошниковые (<i>Tremuleta equisetoso-polytrichosa</i>)	
	6. Осинники осоково-сфагновые (<i>Tremuleta cariceto-sphagnosa</i>)	

Т а б л и ц а 2

Схема хозяйства в зоне смешанных лесов

Характер хозяйства	Типологические единицы, исключенные в хозяйство	Условия включения в хозяйство
В о д о о х р а н о - з а щ и т н ы е л е с а		
1. Хозяйство на крутых и покатых склонах	Типы лесорастительных условий на соответствующих элементах рельефа	При облесенности водосборов покатые склоны исключать
2. Хозяйство на плодородных почвах	Типы леса: а) сложных суборей и раменей, б) суборей	Постоянно включается При наличии суглинистых или глинистых прослоек в песчаных толщах
3. Хозяйство на излишне увлажненных площадях	Типы леса долгомошниковых и сфагновых серий	Постоянно
4. Хозяйство на бедных песчаных почвах	Типы леса боровых и суборевых лесорастительных условий	Суборовые типы включаются в случае, если почвы легко водопроницаемы

З е л е н ы е з о н ы

1. Хозяйство на богатых почвах	Типы леса лесорастительных условий сложных суборей и раменей	Постоянно
2. Хозяйство на почвах среднего плодородия	Типы леса суборей	При небольшой площади включается в другое хозяйство
3. Хозяйство на бедных почвах	Типы леса боров	То же
4. Хозяйство на излишне увлажненных почвах	Типы леса долгомошниковых и сфагновых серий	

зависеть от количественного соотношения площадей разных типов леса.

Образование хозяйств в водоохранно-защитных лесах и зеленых зонах имеет иные лесоводственно-технические основы.

1. Главной целью хозяйства является не выращивание древесины определенного качества и размеров, а длительное использование других свойств леса, захватывающее большую часть периода роста и развития леса данного поколения.

2. Характер древостоев, в наибольшей степени соответствующих этим целям, допускает значительное разнообразие в своем строении, т. е. в составе и форме древостоев, полноте их, сомкнутости крон и т. д.

3. Лесное хозяйство, как правило, находится в экономических условиях, допускающих установление более высокого уровня интенсивности, а следовательно имеются возможности более активного и дифференцированного воздействия на рост леса.

Как в водоохранно-защитном типе лесного хозяйства, так и в зеленых зонах основной типологической единицей для образования хозяйств может служить тип лесорастительных условий, объединение которых в зоне смешанных лесов дает возможность установить схему хозяйств, представленную в табл. 2.

Систему лесохозяйственных мероприятий по каждому из выделенных хозяйств следует устанавливать, исходя из особенностей типов леса применительно к народнохозяйственному назначению лесов.

*Институт леса
Академии Наук СССР
Москва*

APPLICATION OF FOREST TYPOLOGY IN FOREST MANAGEMENT IN THE USSR

For the purpose of taking account of the natural varieties of forests and for classifying environmental physical-geographical conditions of vegetation, it is necessary to group diverse natural-historical characteristics according to substantial signs into uniform categories, which in forest economy are forest types.

Forest typology is widely applied in Soviet forestry. The establishment of types of forest cultures, the selection of tree and fruticose species, the order of their mixing, the working out of methods and periods of preparing the soils, the tending of wood cultures, the choice of localities for pericarp trees, the organization of seed storing and other measures for regenerating and cultivating forests are based on the application of forest types and types of environmental conditions. For instance, pure pine cultures or with the participation of birch (up to one-third) are grown in types of environmental conditions of the whortleberry pinery.

In types of environmental conditions on richer soils where such forest types as the pear-cowberry (*Pinetum piroloso-vacciniosum*) and the mayflower-whortleberry (*Pinetum majanthemosomyrtillosum*) pineries and the cowberry spruce grove (*Piceetum vacciniosum*) and whortleberry spruce grove (*Piceetum myrtillosum*) are grown the larch (*Larix sibirica* Ldb.), the spruce (*Picea excelsa* Link.), the linden (*Tilia cordata* Mill.) and fruticose species may be included in the composition of forest cultures.

The quantity of tree species the artificial stands are composed of increases with the rise of the soil fertility.

For the purpose of felling to maintain the forest, forest types of the most important and widely-distributed tree species such

as pine, spruce, oak, etc., are united in type groups. Different technical means are used for each group (thinning the density of crowns, cleaning and thinning the stands). For this purpose pine forest types are united into three groups of forest types: spruce — two groups, oak — six groups, etc. Methods of industrial felling, measures for protecting forests from harmful insects and for fire-prevention likewise proceed from the peculiarities of forest types established within the spacious forest cultivating zones.

The direction of forest economic measures for regulating the water regime of soils is also dependent on the character of forest types.

For this purpose all forest types may be distributed into three groups according to the degree of excessive damping.

1. Forest types with a low degree of excessive damping where this process may reduce the productivity of stands, but where the method applied against excessive damping is the regulation of vegetation itself. The whortleberry (*Myrtillosa*) belongs to this series of forest types.

2. Forest types with an average degree of excessive damping where bogging depends on the vegetation, but where it is not always possible to regulate the bogging up by acting on the vegetation. The haircapmossy (*Polytrichosa*) series belong to this category.

3. Forest types with a high degree of excessive damping. Hydrotechnique is the only means for draining, although positive results are not always achieved in all the forest types of this series. The sphagnum (*Sphagnosa*) and the sedge — sphagnum (*Cariceto-sphagnosa*) belong to this series of forest types.

In forest management forest typology is especially important in organizing the economy and in working out forestry measures. With this object in view the study and description of diverse natural conditions of forest growing should be made.

The inclusion of forest typology in making forest inventory helps to improve the study of natural conditions of forest growing, reducing the volume of description of every valuation survey plot. Detailed description of soils, grass and moss covering,

fruticose and underbrush species is substituted by a conditional cipher of the corresponding forest type. For this purpose visible physiognomical features should be established in every forest type. Their distinction or uniformity are comparatively easily established by a valuator. They include: the form of the stands, the composition of tree and fruticose species, the species composition of grass and moss coverings, the complex of soil and hydrological conditions, the mechanical structure of soils, the degree of their ash content and the productivity of soils.

It is not sufficient to know and establish only external morphological features of forest types to apply forest typology in organizing the economy and in working out forestry measures. It is necessary to know and study their internal features which are not always visible externally.

They include: 1) the complex of forest growing conditions — climatic (phytoclimate) and hydrologic (the degree of water protection); 2) the interrelation between vegetation and its environment; 3) processes of rehabilitation; 4) the direction of species rotation; 5) fauna and especially the activity of bacteria and fungi.

The study of the most characteristic processes and phenomena relative to the forest type should be made, paying special attention to those which retard the growth and development of forests and prevent the full manifestation of its positive features, i. e., reduce its water protecting, shelter and sanitary-hygienic properties and prevent the rearing of such a forest which, to the best of its ability, would meet the national-economy requirements in wood of necessary species, quality and size.

Knowing the direction of development of the natural processes and conditions of forest growing, it is possible to work out forest economy measures that would either stimulate them, if they show a tendency corresponding to forest economy and accelerate their development, or, on the contrary, prevent their development and direct these processes to meet the requirements of the national economy, if those phenomena and processes have an unfavourable effect on the growth and development of a forest.

For instance, in the subzones of mixed wood of the European part of the USSR the basic natural factors deteriorating the growth and development of the forest and their manifestation of useful properties are determined by the unfavourable relief elements, and in their turn, determining such phenomena as: arid soils, excessive damping and the resulting poor aeration, lack of nitrogen and ash nutrients as well as podsol formation, unfavourable inter-species relations of tree cultures, shrubs, grass and moss coverings, elements of phytoclimate and mechanical structure of soils.

Each of these factors is inherent not in all forest types, but in some of them. In different forest types the main factors deteriorating the growth of the forest may be of one kind and in other types of another.

It is also necessary to study the direction of the forest development so that with a knowledge of these regularities forest development may be actively directed toward the requirements of the national economy.

The main significance is the difference in degree of regeneration of forests, in the character and direction of the tree species rotation.

Forest regeneration depends not only on the natural conditions of forest growth but, to a greater extent, on the often extremely simple forms of influence on the forest by man. Therefore forest regeneration as the criterion of forest types should be considered conditionally.

The phenomena of forest species rotation, their character and direction find expression in native and derivative forest types.

Typological classification of forests is based on natural features. Taking the forest type as a natural formation it should, however, be regarded from the aspect of its exploitation, taking into account those diverse economic conditions which arise in forest economy. Economic indices are not immediately reflected in forest type signs, but their influence is manifested in the fact that only those natural factors on which typological classification of forests are based, are used to meet the requirements of forest economy. The industrial and economic conditions of forestry find expression in forest typology through differentiated

use of forest types and other forest typological subdivisions on determining organizational and economy units and in working out forest economy measures under different conditions.

The classification system of typological units applied in forestry management may be used in the following valuation survey subdivisions of forest typology: a) types of environmental conditions; b) forest types being distinguished within the limits of types of forest growing conditions; c) series of forest types including plots relative both to native and derivative forest types within the limits of one type of forest growing conditions; d) unity of forest types with predominance of one tree species which may include various types of forest growing conditions.

Diverse forest typological units may be applied in forests of various national-economy purposes (industrial water, field and soil protecting forests and others, green zones around towns, etc.) and in forests of different levels of economic intensity when organizing the economy under the direction of a forestry management.

Both for the purpose of establishing the direction of economy and a system of forest economy measures, forest types or other typological units remaining within the limits of forests of a definite national-economy purpose are aggregated into organizational economic units, into so-called economies (sections).

A section is an organizational-economic subdivision which makes it possible to differentiate the direction of economic activity dependent on the peculiarities and variety of natural conditions within the limits of a territory of forests of the same national-economy purpose, and, in particular, to work out a system of forest economy measures and put into practice all the forestry technical calculations.

The formation of sections is based on the following two elements: the aim and means of achieving this aim in the form of economic measures. Inasmuch as the direction of forest economy activities depend on the purpose of the forests, the order of aggregating forest typological units into sections in diverse industrial-economic conditions should be different; it is determined by the national-economy assignment of the forests.

Table 1
Scheme of aggregating forest types into sections

Name of section	Forest types included into a section	Condition for including forest types into a section
First large-scale pine commodity section	1. Cowberry pinery (<i>Pinetum vaccinosum</i>) 2. Whortleberry pinery (<i>Pinetum myrtillosum</i>) 3. May-flower whortleberry pinery (<i>Pinetum majanthemosum myrtillosum</i>) 4. Pear-cowberry pinery (<i>Pinetum piroloso-vaccinosum</i>) 5. Lichen pinery (<i>Pinetum cladinosum</i>)	Permanently included Independent section may be formed pro- vided large forest types area is available
Second large- scale pine commo- dity section	Compound and shamrock pineries (<i>Pineta composita et Pineta oxalidosa</i>):	Included into 1 pine section on small forest types area
Conifer section on excessive damp- ing areas	1. Polytrichosma pinery (<i>Pinetum polytrichosum</i>) 2. Horsepiper-polytrichosma pinery (<i>Pinetum equisetoso-polytrichosum</i>) 3. Sphagnum pinery (<i>Pinetum sphagnosum</i>) 4. Sedge-sphagnum pinery (<i>Pinetum cariceto-sphagnosum</i>) 5. Polytrichosma spruce wood (<i>Piceetum polytrichosum</i>) 6. Sphagnum spruce wood (<i>Piceetum sphagnosum</i>)	Permanently included Low productivity outside of section Permanently included

Table 1 (continued)

Name of section	Forest types included into a section	Condition for including forest types into a section
Large-scale spruce commodity section	1. Whortleberry-spruce wood (<i>Piceetum-myrtillosum</i>) 2. Cowberry-spruce wood (<i>Pi- cetum vacciniosum</i>) 3. Compound and shamrock spruce woods (<i>Piceeta composita</i> et <i>Piceeta oxalidosa</i>)	Permanently included Rearing of spruce trees Independent section on large areas
Leaved and conifer (birch, tremble) temporary deal- wood section	Derivative forest types: 1. Birch, pear-cowberry trem- ble woods (<i>Betuleta, Tre- muleta piroloso-vacciniosa</i>) 2. Birch, mayflower-whortle- berry tremble wood (<i>Betuleta, Tremuleta majanthemoso- myrtillosa</i>) 3. Birch, linden, shamrock- tremble woods (<i>Betuleta, Tremuleta tilioso-oxalidosa</i>) 4. Lichen-birch (<i>Betuleta cladinosia</i>) 5. Cowberry-birch wood (<i>Be- tuleta vacciniosa</i>) 6. Whortleberry-birch wood (<i>Betuleta myrtillosa</i>)	Subsequent change of forest types into native
Leaved (birch, tremble) dealwood section	The same	Rearing of leaved wood as main species

Table 1 (continued)

Name of section	Forest types included into a section	Condition for including forest types into a section
Soft-leaved section on excessive dampening areas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Polytrichosma-birch wood (Betuleta polytrichosa) 2. Sphagnum-birch wood (Betuleta sphagnosa) 3. Horsepipe-polytrichosma birch wood (Betuleta equisetoso-polytrichosa) 4. Sedge-sphagnum birch wood (Betuleta cariceto-sphagnosa) 5. Horsepipe-polytrichosma tremble wood (Tremuleta equisetoso-polytrichosa) 6. Sedge-sphagnum tremble wood (Tremuleta cariceto-sphagnosa) 	With draining areas

To establish the order of aggregation of forest types or other typological units into a section the following should be made clear:

1) the quantitative ratio of areas under stands of various forest types which are being established;

2) the degree of uniformity of factors deteriorating the forest growth and the means of eliminating and reducing their harmful influence in various forest types;

3) the peculiarities of forestry and technical bases for aggregating forest types into sections of forests of various national-economy purpose.

For instance, the formation of sections in exploitation of forests should proceed from the following peculiarities:

1) the section is directed at rearing wood of definite tree species, quality and size;

Table 2
Scheme of section in Mixed wood zones

Character of section	Typological units included in the section	Conditions of inclusion into sections
Water-protecting and shelter forests		
1. Sections on steep and inclining slopes	Types of forest growing conditions on corresponding relief elements	In case of water-shed afforested, inclining slopes are excluded
2. Sections on fertile soils	Forest types: a) compound pine forest on sandy loam and spruce forest on loam; b) pine forest on sandy loam	Permanently included. Provided loamy and clayey layers of sandy soils are available
3. Section on excessive damping areas	Forest types of the polytrichosma-sphagnum series	Permanently included
4. Section on poor sandy soils	Forest types for forest growing conditions of pinewoods and for pine forests on sandy loam	Types of pine forest on sandy loam are included in case of water permeability
Green zones		
1. Section on rich fertile soils	Forest types for forest growing conditions of compound pine forest on sandy loam and spruce forest on loam	Permanently included
2. Section on average fertile soils	Forest types of pine forest on sandy loam	Provided small areas are included into another section
3. Section on poor soils	Forest type of pine	The same
4. Section on excessive damping soils	Forest types of the polytrichosma-sphagnum series	The same

2) the final aim is achieved at a definite period of forest growth and development when the quantity of timber of desirable sizes is the largest and the quality is the best.

These peculiarities necessitate the formation of more differentiated sections.

The area of forest types largest in size should be taken as a basis in every section, forest stands of other types being included after establishing the degree of their nearness to the main forest types, according to their natural signs.

As a result of analysis of natural properties of forest types made in a forest economy area of a mixed wood subzone, the following scheme of uniting forest types into a section of exploitation forests may be suggested:

The unity of aim and means of achieving this unity in such sections are combined to the utmost. The variation of sections may depend on the quantitative area ratio of various forest types.

The formation of sections in water protecting and shelter forests and in green zones has different forestry technical bases, viz.:

1. The main aim of a section is not the cultivation of wood of definite quality and size, but the long-term utilization of other forest properties during the greater part of the growth and development period of a forest of a given generation.

2. The stands character corresponding to the greatest degree to this aim permits a considerable diversity in its structure, that is, in the composition and form of the stands, in the fullness of their density of the crowns, etc.

3. Forest economy, as a rule, remains under such economic conditions which permit the establishing of a higher level of intensity; therefore, it is possible to influence the forest growth in a more active and differentiated way.

The types of forest growing conditions may be used both in water-protecting and shelter forests and in green zones for forming sections, the unity of which in zones of mixed wood permits the establishment of the following scheme of sections.

The system of forest exploitation measures of each section should be established according to the peculiarities of forest types that are applied to the national-economy assignment of forests.

И. В. ВАСИЛЬЕВ

ПРИНЦИПЫ
ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕСОВ
И СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
В СССР

P. V. VASILYEV

PRINCIPLES
OF ECONOMIC CLASSIFICATION OF FORESTS
AND SPECIALIZATION OF FOREST MANAGEMENT
IN THE USSR

ПРИНЦИПЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИИ ЛЕСОВ И СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В СССР

Попытки и примеры классификации лесов по их хозяйственному значению, как и их типологическая характеристика, не новы. Эта область вопросов уже давно начала привлекать внимание лесоводов и лесоэкономистов и в СССР, и в большинстве других стран с развитым лесным хозяйством. Однако практическое значение экономической классификации лесов и возможности широкого ее использования при решении задач лесного дела в полной мере, пожалуй, еще не оценены. Объясняется это, вероятно, своеобразием и сложностью проблемы.

Классификация лесов по их хозяйственному значению, при решении самых различных вопросов организации и ведения в них хозяйства, должна служить лесным органам одним из средств и приемов правильной экономической оценки лесов.

Суть же экономической оценки лесов при всех условиях заключается прежде всего в выяснении выгод, которые могут и должны быть получены от их использования и воспроизводства.

Но каких выгод?

В частновладельческом лесном хозяйстве речь идет прежде всего о выгоде в смысле доходности; в государственном же лесном хозяйстве, обслуживающем интересы целой нации, для экономической оценки лесов, наряду с узким и в известной мере временным требованием доходности, в высшей степени важное значение имеет выгодность в широком, общенациональном смысле, выгодность с точки зрения длительного периода ведения хозяйства. В первом случае в основу классификации лесов

но их хозяйственному значению часто принято брать просто денежную доходность; в государственном же лесном хозяйстве, наряду с данными стоимостной оценки, приходится пользоваться для классификации лесов целой системой экономических показателей.

Это связано, во-первых, с исключительно многообразным значением лесов в жизни современного общества. Естественнее и разумнее всего было бы обеспечить такую повсеместную систему ведения лесного хозяйства, при которой каждый лесной участок удавалось бы использовать по максимуму или даже по всему перечню его положительных хозяйственных и иных значений. Практически, однако, такая возможность всегда ограничена либо условиями ведения хозяйства, либо недостатком наших знаний о самой природе леса и его свойствах, и мы оказываемся обычно перед необходимостью организовать хозяйство в расчете на более или менее полное использование в каждом данном случае лишь одного главного или нескольких важнейших полезных свойств леса. В связи с этим перед экономической классификацией лесов, при всех прочих равных условиях, в качестве первой задачи возникает необходимость определить для каждого лесного массива его главное, с широкой общественной точки зрения, наиболее эффективное значение.

Во-вторых, необходимость экономической оценки лесов с позиций широких и длительных интересов государства и нации обусловлена тем, что территориальное распределение лесов в большинстве случаев (в пределах страны и районов) отличается крайней неравномерностью и пестротой, дополняющейся, к тому же, весьма большим разнообразием состава, возрастной характеристики и состояния древостоев, а также природно-климатических условий их произрастания и пр. Это настолько существенно, что главное значение и назначение лесов в каждом данном районе и местности практически определяются, при прочих равных условиях, не столько теми или иными наиболее ярко выраженными свойствами леса (например, высоким качеством древесины, либо очевидной высокой водоохранной ролью), сколько лесистостью района и местности при данных экономических и природно-климатических условиях и при данном состоянии лесов. В качестве примера можно привести следующие

ориентировочные соображения. Считается, что защитные лесонасаждения в степных и лесостепных районах СССР при условии более или менее равномерного расположения и при обеспечении 5—6% лесистости способны успешно защищать урожай сельскохозяйственных культур от засух, суховеев, эрозии и т. п., но при этом проценте лесистости не могут играть какую-либо заметную роль в качестве источника древесины. То же самое можно сказать, если соответствующий процент лесистости обеспечен относительно равномерно расположенными колковыми и другими естественными лесами. Лесистость в 8—10%, наряду с защитой полей, при правильном ведении хозяйства обеспечивает поделочной древесиной ближайшие к лесу поселения; лесистость в 12—15% позволяет удовлетворять за счет местных источников также районные потребности в поделочной и отчасти строительной древесине¹; при лесистости в 20—25% можно, кроме того, иметь местную лесобрабатывающую промышленность. Но возможность вывоза леса или продуктов его переработки за пределы района возникает лишь при лесистости свыше 30—35%, причем при высокоорганизованном хозяйстве.

Но все эти данные условны и могут применяться в каждом случае лишь после особой проверки. Тем не менее перед экономической классификацией лесов стоит задача правильно оценить главное их значение и основное направление хозяйства в них именно с учетом лесистости данного района, данной местности, при данных экономических и климатических условиях района.

Важно заметить здесь, что лесистость района должна оцениваться с учетом не только местных экономических и природных факторов, но также роли и значения района, области, края в экономике всей страны, с учетом межрайонных и межотраслевых связей в лесном хозяйстве и лесопотреблении, условий транспорта леса и т. д.

Третья позиция оценки лесов при их экономической классификации связана с большой длительностью времени произра-

¹ Согласно исследованиям советских ученых, такой же процент лесистости или несколько больший (18—20%) для степных районов является во многих случаях минимально достаточным для выполнения лесами местных водоохранно-защитных функций.

станция лесов и сводится к необходимости судить о том или ином значении лесов не только по тому, что характерно для них сегодня, но с возможным учетом и того, что можно ожидать от них в ближайшем и отдаленном будущем. Например, на европейском Севере СССР современная местная экономика и современное состояние древостоев не требуют выделения особых защитных лесов. Между тем в будущем, по мере некоторого уменьшения лесистости в тех или иных районах, необходимость выделения таких лесов несомненно возникнет. Поэтому уже теперь лесоводы высказывают справедливые пожелания о таком размещении лесозаготовок и лесовозобновительных мероприятий в районах Севера СССР, которое обеспечивало бы наилучшее выполнение этими лесами не только современных функций хозяйственного и климатологического значения, но и будущей роли — гидрологической, противозерозионной и пр. Это связано уже теперь с важностью безусловного и преимущественного возобновления и улучшения лесов на склонах, в балках, вокруг выделяемых сельскохозяйственных угодий и т. д.

В качестве другого примера можно привести необходимость временного исключения некоторых ныне отдаленных лесных массивов из состава лесов, эксплуатируемых на вывоз, если в данном районе предстоит усиленное развитие местной лесопотребляющей промышленности.

Учет перспективного значения различных лесов в некоторых случаях может заставить изменить в них всю современную постановку хозяйства. Поэтому при экономической классификации лесов данные изучения современного значения лесов необходимо проверять видами и соображениями на будущее.

Мы не можем сказать, что в СССР удалось создать экономическую классификацию лесов, вполне удовлетворительно учитывающую все перечисленные выше требования, т. е. требования, связанные и со свойствами лесов, и с географией их, и с длительным временем их произрастания. Но есть основание думать, что мы на пути к созданию такой классификации.

Основой ныне принятой в СССР экономической классификации лесов является деление всех лесов страны на три группы. Схема и принципы этого деления подробно освещены в совет-

ской лесной литературе и в том числе, в несколько иной связи, в «Трудах Института леса АН СССР» (т. V, 1950; т. X, 1953), а также в «Reprint from the Empire Forestry Review» (vol. 33, 1954, № 1).

К первой группе отнесены, независимо от местоположения, такие леса, которые имеют непосредственное водоохранное, полезащитное, почвозащитное и другие значения; леса парковые, санаторно-курортные, заповедные и пр.

Во вторую группу включены леса почти всей средней малолесной полосы и всех лесостепных районов страны, имеющие общее водоохранно-защитное значение и одновременно способные служить полноценным источником получения древесины, по крайней мере для местных нужд.

В третью группу входят леса многолесных районов европейского Севера, Сибири и Дальнего Востока СССР, которые в современных условиях более всего ценны своими древесными запасами широкого промышленного значения.

Одно из главных отличий в организации и ведении лесного хозяйства в зависимости от принадлежности лесов к той или иной группе заключено в действующих правилах отпуска леса.

В лесах третьей группы отпуск и эксплуатация леса регламентируются лишь самыми общими требованиями, связанными с охраной и естественным возобновлением лесов. Размер отпуска леса в целом по лесам этой группы определяют, исходя из потребности народного хозяйства в древесине, а в каждом данном районе или области — с учетом условий общего экономического развития, наличия и состояния лесов и условий их освоения.

В лесах второй группы отпуск леса во всех случаях ограничивается размером среднего годовичного прироста. Наконец, в лесах первой группы отпуск древесины производится по особо жестким правилам и лишь в той мере, в какой это диктуется или оправдывается интересами правильного воспроизводства и сохранения соответствующих массивов в признанном для них специальном водоохранном, почвозащитном, бальнеологическом и ином значении.

Приведенная схема сама по себе очень проста. Более того, с первого взгляда она может показаться недостаточной для правильной дифференциации форм, режимов пользования лесами

и мер их возобновления и выращивания. В действительности же, к настоящему времени в СССР эту схему настолько хорошо удалось приблизить к требованиям практики лесного хозяйства, что ее несложность может иметь только положительное значение.

Для придания ей надлежащего теоретического и практического значения было сделано, в частности, следующее.

Во-первых, в качестве одного из оснований для практического разнесения лесов по группам была взята принятая в СССР сетка деления ее территории на 13 крупных экономических районов. Это позволило так или иначе отразить в экономической классификации и в районировании лесов многие общие особенности современного состояния и перспектив развития экономических районов страны и определяемые ими требования к лесному хозяйству. Например, в районах Урала экономические и природные особенности этих районов (высокий уровень промышленного развития, особая важность сохранения водохранимых лесов в среднем течении Камы и пр.) обусловили необходимость отнесения ко второй группе относительно большей части лесов, чем, скажем, в районах Западной Сибири.

Учет различий экономических районов ярко сказывается при устройстве лесов, которое в СССР уже несколько лет ведется с дифференциацией по группам лесов. Для каждой из групп установлен свой порядок, своя система требований к лесоустроительным работам. Но устройство одной и той же группы лесов проводится в различных экономических районах не одинаково. Например, в лесах третьей группы европейского Севера оно осуществляется с большей тщательностью, по более высокому разряду точности, чем, скажем, в той же группе лесов Восточной Сибири.

Вторым важным признаком расширения практического значения рассматриваемой классификации лесов является применение ее в тесном сочетании с широтным делением всей лесопокрытой площади на шесть лесорастительных зон: тундровую, лесную с выделением таежной подзоны и подзоны смешанных лесов, лесостепную, степную, полупустынную и зону пустынь.

Особо выделяются во всех случаях горные леса и соответствующие лесорастительные условия.

Учет этих зон для каждой из групп лесов получил особенно наглядное выражение в правилах рубок главного пользования при установлении допустимых наибольших размеров лесосек, сроков примыкания их и т. п.

Например, при рубках главного пользования в лесах второй группы в степной и лесостепной зонах применяются меньшие по ширине и площади лесосеки и более длительные сроки примыкания их, чем в зонах смешанных лесов и таежной.

В лесах третьей группы по этим вопросам рекомендуются правила, существенно иные, чем во второй, но также дифференцированные по лесорастительным зонам.

В зависимости от группы лесов и их зонального положения строятся многие мероприятия по защите леса от вредных насекомых и по противопожарной охране. Особенно тесно увязываются с существующей экономической классификацией лесов и их зональным положением лесовозобновительные работы. В лесах третьей группы основой воспроизводства остается пока еще естественное возобновление с непрерывно расширяющимися мерами содействия ему. В лесах же второй и первой групп господствующее положение уже давно заняло искусственное возобновление. При этом состав насаждений и агротехника создания их дифференцируются не только по лесорастительным зонам, но и по более дробным классификациям почвенно-климатических условий. В этой связи следует заметить, что вообще в практике руководства лесным хозяйством экономическая классификация лесов по названным признакам в большинстве случаев применяется, будучи дополненной и развитой типологической классификацией и характеристикой лесов.

Дифференциация производственных мероприятий по лесам различного хозяйственного значения естественно влечет за собой соответствующую дифференциацию по группам лесов и некоторые отличия также и в построении лесных органов, в связи с чем в СССР имеются лесхозы с площадью и в несколько тысяч га леса (по первой группе), и в несколько миллионов га (по третьей группе).

Однако для разработки ряда функций лесных органов, приемов хозяйственного руководства и, в особенности, для решения вопросов механизации лесохозяйственного производства

существующая экономическая классификация лесов, даже с указанными признаками ее детализации, оказывается недостаточной. В связи с этим, советскими лесозащитниками, в дополнение к принятой классификации лесов по трем группам, неоднократно предлагались и предлагаются различного рода классификационные группировки лесных хозяйств. Так, Г. П. Мотовилов в книге «Лесное хозяйство водоохранной зоны» (1949) выдвинул схему классификации лесных хозяйств водоохранной зоны по величинам денежного дохода с 1 га лесопокрытой площади. Такая схема показала, что для советского лесного хозяйства критерий доходности отдельных хозяйственных образований, т. е. критерий выгодности в узком, непосредственном смысле слова, вовсе не потерял своего практического и теоретического значения. Были также предложения классифицировать лесные хозяйства по величине затраты труда на 1 га лесопокрытой площади.

Дальнейшие исследования в этой области показали, однако, что классификация лесных хозяйств по величине доходности или трудовых затрат на 1 га лесопокрытой площади не может служить достаточно надежным основанием для дифференциации хозяйственных мероприятий. В связи с этим была предложена более сложная схема классификации лесных хозяйств, построенная с учетом имеющихся в лесхозах основных фондов (зданий, строений, технических средств производства и пр.), степени охваченности лесной площади мерами активного воздействия, затрат живого труда, сезонности и т. д. При такой классификации выделяются 5—6 разрядов хозяйств различного уровня развитости. Эти разряды, хотя они и находятся в тесной связи с тем, к какой группе отнесены леса, с группами не совпадают.

О большей жизненности этого нового подхода свидетельствует то, что недавно именно с учетом этих разрядов было предложено определять очередность дальнейшего оснащения лесхозов современными техническими средствами.

Экономическая классификация лесов и лесных хозяйств особенно важна при решении современных вопросов специализации лесного хозяйства.

Вопросы специализации лесного хозяйства, прочно привязанного к определенной территории и, следовательно, к

определенному экономическому району, естественно, не могут решаться по аналогии с промышленностью. Здесь не может быть полной аналогии и со специализацией в сельском хозяйстве, ибо лес, в отличие от поля, засеянного, например, зерновыми культурами, всегда будет оставаться в какой-то мере «универсальным магазином», — такова уж природа леса. По общим принципам специализация лесного хозяйства, носящая по преимуществу порайонный характер, несомненно ближе к сельскохозяйственной, чем к промышленной. Смысл и значение ее состоят в обеспечении в каждом данном районе, в данной местности или даже в данном лесном массиве такого направления лесного хозяйства, при котором в ходе использования и воспроизводства лесов каждого данного назначения удавалось бы извлекать наибольший народнохозяйственный эффект. В лесах промышленного и общего хозяйственного значения это будет означать необходимость возобновления лесов хозяйственно наиболее ценными и быстрорастущими в данных условиях породами, необходимость внедрения таких пород в порядке реконструкции лесов и т. д. В таких лесах возможно выделение особых хозяйств, рассчитанных на выращивание балансовой, креповой древесины, химического сырья и т. п.

В водоохранных и защитных лесах, в порядке управления гидрологическими свойствами лесов применительно к местным природно-географическим условиям, также возможна та или иная специализация, хотя и в менее ярко выраженной форме.

Но, поскольку любая специализация лесного хозяйства практически возможна не иначе, как на базе сравнительно высокого уровня развитости, постольку к решению этих вопросов мы в большинстве случаев только еще приступаем.

В каждой из групп лесов и направлений лесного хозяйства возможно, разумеется, применение схем более дробной экономической классификации и районирование лесов по тем или иным специальным признакам. Можно назвать, например, широко применяемое в лесах третьей группы так называемое «эксплуатационное районирование лесов», пользуясь которым при разработке генеральных схем освоения лесов стремятся предусмотреть наиболее экономически выгодный порядок и последовательность использования лесов лесопромышленными пред-

приятными. Для целей планомерного размещения лесозаготовок в пределах того или иного крупного экономического района предложена схема деления областей на лесозыбыточные и лесопотребляющие. При разработке лесных такс была составлена и принята особая схема порайонной классификации лесов из восьми так называемых «лесотаксовых зон». Подобных специальных классификаций много, и рассмотрение их не входит в данном случае в нашу задачу.

В заключение необходимо отметить следующее.

Вопросы экономической классификации лесов хотя и решаются в каждой стране в соответствии с признанными представлениями в области экономической теории и с учетом природно-географических особенностей, но в общих схемах их построения и в их прикладном значении можно найти немало общего в самых различных странах. В частности, например, принятые в СССР схемы и принципы классификации лесов и лесного хозяйства получили заметное отражение в практике управления лесами Болгарии и Румынии. Еще более показательно, что идею трех разновидностей лесного хозяйства (лесоиспользующего, репродуктивного и лесоохранного), во многом сходных с тремя группами лесов в СССР, можно найти в литературе разных стран, хотя, несомненно, многие из них зарождались вне всякой связи с принятой у нас классификацией.

Это обстоятельство свидетельствует о том, что в настоящее время, при наличии многих крупных проблем лесного хозяйства, интересующих различные страны, несколько не исключена возможность создания некоторой единой системы экономической классификации лесов. Такая классификация, дополненная сеткой зональной или, вернее, поясной характеристики лесов, дала бы очень много ценного и для мировой статистики лесов, и особенно для мировой лесохозяйственной статистики в связи с задачами повышения эффективности различного рода международных переговоров по проблемам леса. Единая или согласованная между странами классификация лесов оказала бы ощутительную услугу в работе будущих мировых конгрессов лесоводов.

PRINCIPLES OF ECONOMIC CLASSIFICATION OF FORESTS AND SPECIALIZATION OF FOREST MANAGEMENT IN THE USSR

Attempts to classify forests for their economic importance as well as typological characteristics, and examples of such classifications, are not new. This range of questions long ago attracted the attention of forestry experts and economists both in the USSR and in most other countries with developed forest managements. But the practical significance of economic classification of forests and the possibilities of its extensive application in forest management are, probably, still not appreciated in full measure. This is, most likely, due to the specific nature and complexity of the problem.

For agencies engaged in forest management, economic classification of forests should serve as one of the means and methods for the proper economic evaluation of woodlands.

The essence of economic evaluation of forests, under all conditions, consists first and foremost in the ascertainment of the benefits which can and should be obtained from the exploitation and regeneration of forests.

But what benefits are in question?

In case of privately owned forests the benefits consist first and foremost in profits; in state-owned woodlands, serving the interests of an entire nation, of utmost importance, besides the narrow, to a certain extent, temporary requirement of profitability, are the benefits in the broad sense, benefits for the nation as a whole, the benefit from the standpoint of long-range management. In the first case, it is often customary to base the economic

classification of forests simply on the money profit; in state forest management, however, besides a value estimate, it is necessary to employ a whole system of economic indices for the classification of forests.

This is due, firstly, to the fact that forests are important in a great many ways in the life of human society today. It would be most natural and rational to secure such a general system of forest management, under which each section of woodland would be put to many or even all possible uses in the economy and in other fields. Practically, however, such a possibility is always limited either by the conditions of forest management or by the insufficiency of our knowledge about the very nature of the forest and its properties. We usually are confronted with the necessity of organizing management in such a way as to exploit more or less fully, in each given case, only the main or several of the more important uses to which the forest can be put. In this connection, the first task in the economic classification of forests, all other conditions being equal, is the need to define for each woodland tract its main, the most effective use, from the broad public standpoint.

Secondly, the need for the economic evaluation of forests from the standpoint of the broad and long-range interests of the state and the nation is due to the fact that the territorial distribution of forests in most cases (within the bounds of a country and districts) is extremely uneven and diversified. To this, moreover, should be added the great diversity of the composition, age and state of the stands, as well as the natural climatic conditions of their growth, etc. This is so essential that the main significance and purpose of forests in each district and locality, are in practice determined, all other conditions being equal, not so much by the definitely expressed properties of the forest (for example, high quality of the timber, or obvious importance for water conservation) as by the proportion of forests in the district and locality, under the existing economic and natural-climatic conditions and the state of the forests. As an example, we may cite the following approximate considerations. It is held that shelter belts in steppe and forest-steppe districts of the USSR, if they are more or less evenly distributed and cover 5-6 per cent of

the total area, can protect the crops and fields from drought, scorching winds, erosion, etc. But forests of such proportions cannot be of any real importance as a source of timber. The same may be said if a corresponding proportion of woodland is provided by relatively evenly distributed wooded patches and other natural forests.

Forests covering 8-10 per cent of the total land area can protect the crops and fields and, under proper management, supply wood to nearby settlements for minor uses; forests with a 12-15 per cent ratio to the total land area can cover the requirements of their district in wood for minor uses and partly in construction timber¹; a forest ratio of 20-25 per cent allows also for a local woodworking industry. But only if the ratio exceeds 30-35 per cent it is possible to ship timber or its products to other districts, and then only if forest management is highly developed.

All these figures, however, are relative and may be applied only after special verification. Nevertheless, the task in economic classification of forests is to evaluate properly their main significance and the main trend of their management, with due account being taken of the ratio of woodland in the given district or locality, the existing economic and climatic conditions.

It is important to note here that the ratio of forest to the total land area in a district should be evaluated with due account not only to local economic and natural factors but also to the role and importance of the district, region or territory in the economy of the entire country. Into consideration should be taken the relations between districts and between different branches in forest management and timber consumption, the conditions of timber transportation, etc.

The third factor in evaluating forests for their economic classification is associated with the long time required for the growth of forests. Hence, the need to judge the importance of forests not only from their present state but also from the standpoint of what may be expected of them in the near and distant future. For example, in the north-European part of the USSR the present

¹ According to studies of Soviet scientists, a similar or somewhat higher ratio¹ (18-20 per cent) is in many cases the minimum required in steppe areas for local water conservation by forests.

local economy and the state of the stands do not require the setting aside of special protective forests.

But the need for setting aside such tracts will arise in the future as the ratio of forests will decline in certain districts. Therefore, already today forestry experts are rightly demanding that timber felling and regeneration work be so distributed in the northern part of the USSR as to make certain that the woodlands best serve the economy and act as a climatological factor at present, and also perform hydrological anti-erosion and other services in the future. This confirms the importance of absolute reforestation and improvement of forests on hillsides, gulleys, around land assigned for cultivation, etc.

Another example is the need for the temporary exclusion of certain, now distant, tracts from among forests of industrial felling, even though local industry is to be intensively developed in the corresponding district.

Account of the long-range importance of different forests may, in some cases, bring about a change in the entire organization of their present management. Therefore, in the economic classification of forests, data on the present significance of the forests must, without fail, be supplemented by future prospects.

We cannot claim that scientists in the USSR have succeeded in developing an economic classification of forests fully satisfactory from the standpoint of all the above-enumerated requirements, that is, requirements associated with the properties of forests, their geographic distribution and the long time of their growth. But there is ground for assuming that we are on the way to developing such a classification.

The economic classification of forests, now used in the USSR, is based on a division of all woodlands into three groups. The scheme and principles of this division are described in detail in Soviet forestry literature, including the "Annals of The Institute of Forests of the Academy of Sciences of the USSR" (vol. 5, 1950; vol. 10, 1953) and in the "Reprint from the Empire Forestry Review" (vol. 33, 1954, No. 1).

The first group comprises, irrespective of location, such forests which are of direct water-conservation, field and soil protection significance; parks, resort forests, reservations, etc.

The second group includes the forests of almost the entire central, little-wooded zone and all the forest-steppe districts of the country which are of a general water-conservation significance and at the same time can serve as a good source of timber, at least for local needs.

The third group includes forests of the woodland districts of the European North, Siberia and the Far East of the USSR which in the present conditions are most of all valuable for their timber resources of wide industrial use.

One of the main distinctive features in the organization of forest management depending on these groups consists in the regulations for the assignment of forests for exploitation.

In woodlands of the third group the assignment of forests for exploitation is regulated only by the most general requirements, connected with the protection and natural regeneration of the forests. The size of the wood-cutting areas in this group as a whole is determined by the timber requirements of the national economy and in each district or region account is taken of the general economic development, the availability and state of the forests and the conditions of their development.

In forests of the second group the assignment of tracts for felling is in all cases limited to the average annual increment. Lastly, in forests of the first group felling is allowed only in accordance with rigid rules and only to the extent that this is dictated or justified by the requirements of proper reproduction and preservation of the respective tracts, with due recognition of their special water-conservation, soil protection, balneological or other services.

The scheme cited here is quite simple in itself. At first glance it might even seem inadequate for the proper differentiated forms of forest exploitation, regeneration and growth. Actually, however, this scheme has by now been brought up so close to the requirements of forest management in the USSR that its simplicity can only add to its value.

The following has been done to lend this scheme the necessary theoretical and practical significance:

First. A division of the entire territory of the country into 13 big economic districts has been adopted in the USSR and this

system has been taken as one of the bases for the distribution of forests by groups. This has made it possible to reflect, to one extent or another, in the economic classification and distribution of forests by districts many of the general features of the country's economic districts, their present state, prospects of development, the demands they make on forest management. For example, in the case of the Ural districts, their economic and natural distinctive features (high level of industrial development, the special importance of water-conserving forests in the middle reaches of the Kama River) have made it necessary to class among the second group a relatively greater proportion of the forests than, say, in West Siberia.

Account of the differences in the economic districts is strikingly manifested in the case of forest management, which in the USSR has been conducted for several years with differentiation by forest groups. Each group has its own procedures, its own system of requirements as regards forest management. But management work is conducted differently in the same group of forests in different districts. For example, in forests of the third group in the European North it is carried out with greater thoroughness and according to more exacting standards as, say, in the same group of forests in Eastern Siberia.

Another important indication of the growing practical importance of forest classification is its application, in close coordination with the division of the entire woodland area into six vegetation zones: tundra, forest (with the taiga subdivision and mixed-forest subdivision), forest-steppe, steppe, semi-desert and desert zones.

Mountain forests and the corresponding vegetation conditions are indicated separately in all cases.

Regulations governing main timber felling show with especial clarity how due account of each of these zones is taken for each forest group. These regulations establish the biggest allowable size of wood-cutting areas, fix the time when felling may be started in adjacent areas, etc.

For example, in the case of industrial felling in forests of the second group in steppe and forest-steppe zones smaller widths and sizes of the wood-cutting areas and longer intervals in felling

on adjacent areas are set than in the mixed-forest and the taiga zones.

The felling regulations for forests of the third group are essentially different from those in the second group, but they are also differentiated by vegetation zones.

Many measures for the protection of forests from pests and fires are drawn up, depending on the groups of forests and their zonal location. Forest regeneration work is especially closely coordinated with the adopted economic classification of forests and their zonal location. In forests of the third group natural regeneration remains the basis of reproduction, and measures facilitating such natural regeneration are employed on an increasing scale.

In forests of the first and second groups, on the other hand, artificial reforestation became dominant long ago. The composition of the planted trees and the methods of cultivation are differentiated not only for the vegetation zones, but even in greater detail according to the soil and climatic conditions. It should be noted here that in the work of forest management in general the economic classification of forests, according to the above-mentioned indices, is in most cases supplemented by an elaborated typological classification and description of forests.

Differentiation in management work in forests of varying economic importance naturally entails a corresponding differentiation by groups of forests and certain distinctions in the organization of forestry agencies. In this connection there are in the USSR forestries with an area several thousand hectares of woodlands (first group) and with several million hectares (in the third group).

But the existing economic classification of forests, even with the indicated more detailed subdivisions, is insufficient for planning some of the functions of forestry agencies, for elaborating the methods of economic guidance and especially for solving problems of mechanizing work involved in forest management. In this connection Soviet forest economists have repeatedly proposed that, in addition to the division of forests by three groups, special classifications of forest managements be introduced. Thus, G. P. Motovilov in his book "Forest Management in the Water

Conservation Zone" (1949) put forth a scheme for the classification of forestries in the water-conservation zone according to the money profit they yield per hectare of wooded area. Such a scheme shows that for Soviet forest management the criterion of profitability of some economic units, i. e., the criterion of benefit in the narrow, direct sense of the word, has by no means lost its practical and theoretical significance. There were also proposals to classify forestries by the amount of labour expended per hectare of wooded area.

Further studies in this field, however, showed that the classification of forestries for the profits they yield or the labour expended per hectare of wooded area cannot serve as a sufficiently reliable basis for the employment of different economic measures. In this connection a more complex scheme for the classification of forestries was proposed. It takes into account the basic funds (buildings, installations, machinery, etc.) of the forestries, the degree of application of active measures in the wooded area, the expenditure of labour, seasonal factors, etc. Under such a classification, there are 5-6 categories of forestries with a different level of development. These categories, although they are closely related to the forest groups, do not coincide with them.

That this new approach is of great practical importance is shown by the fact that recently it was decided to use these categories for determining the order of priority in providing forestries with the latest equipment.

Economic classification of forests and forestries is especially important in deciding problems of forest specialization.

Problems of specialization of forests, which are attached to a definite territory and, consequently, to a definite economic district, naturally, cannot be solved by analogy with industry. Nor can there be a full analogy with specialization in agriculture because a forest, as distinct from a field planted, for example, to grain, will always remain a "department store" to some extent — such is the nature of a forest. But for its general principles, forest specialization which is predominantly applied on a district scale, is undoubtedly closer to agricultural than to industrial specialization. The meaning and purpose of such speciali-

zation is to assure in each given district, given locality or even in a given forest tract such a trend of management, under which the utmost effect for the national economy would be obtained in the course of the exploitation and regeneration of the woodlands. In the case of forests of industrial and general economic significance this would involve the need of reforestation with the economically most valuable and rapidly growing trees in the given conditions, the need of introducing such species by way of reconstruction of the forests, etc. In such forests it is possible to set aside special tracts designed to grow pulpwood, timber for props, wood to be used as raw material in the chemical industry, etc.

A certain specialization, although in a less strikingly expressed form, is also possible in the case of water-conserving and field- and crop-protecting forests, by way of guiding their hydrological properties as adapted to the local natural-geographical conditions.

But since any forest specialization is possible only on the basis of a relatively high degree of development, we in most cases are only beginning to solve these problems.

In each forest group and trend of forest management it is naturally possible to apply schemes of a more detailed economic classification and distribution of forests by districts according to certain special indices. As an example, we may cite the distribution of forests by so-called exploitation districts, which is widely used in forests of the third group. It is employed in elaborating general schemes for the tapping of forest resources, with the object of assuring the economically most advantageous order and sequence in forest exploitation by timbering establishments. For the balanced distribution of timber felling within the bounds of a big economic district, it is proposed to subdivide it into timber producing and timber consuming districts. A special scheme for the classification of forests according to eight so-called forest-assessment zones (each zone has the same price of standing timber) has been drawn up and adopted. There are many such special classifications and their examination goes beyond the subject of this paper.

Although problems of economic classification of forests are being solved in each country in conformity with the concepts

of the economic theory recognized there and with due account to natural-geographic distinctions, there is much in common between the main schemes of such classifications and their application in different countries. Specifically, the schemes and the principles of classification of forests and forest management adopted in the USSR are noticeably reflected in forestry practices of Bulgaria and Rumania. Still more indicative is the fact that the idea of three categories of forest managements (exploitation, reproduction and protection), identical in many points with the three groups of forests in the USSR, may be found in the literature of different countries, although many of these ideas, no doubt, have originated without any relation to the classification adopted in our country.

This circumstance shows that at present, when different countries have in common many major forestry problems, the possibility is not excluded of elaborating a uniform system of classification of forests. Such a classification, supplemented by a characterization of forests according to zones or, to be more exact, according to belts, would be very valuable both for world forest statistics and especially for world forest-management statistics and would make international negotiations on forestry problems more effective. It seems to us that a uniform classification of forests, or a classification coordinated between countries of the world, would render a most tangible service to future world congresses of forestry experts.

*The Institute of Forests
of the Academy of Sciences of the USSR
Moscow*

А. А. МОЛЧАНОВ

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СССР
В ОБЛАСТИ ЛЕСНОЙ ГИДРОЛОГИИ
И ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДООХРАННЫМИ
СВОЙСТВАМИ ЛЕСА

A. A. MOLCHANOV

SCIENTIFIC INVESTIGATION IN THE USSR
ON FOREST HYDROLOGY
AND MEANS OF REGULATING
THE WATER-PROTECTING
PROPERTIES OF A FOREST

НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В СССР В ОБЛАСТИ ЛЕСНОЙ ГИДРОЛОГИИ И ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДООХРАННЫМИ СВОЙСТВАМИ ЛЕСА

Обширные и разносторонние исследования гидрологической роли леса, проведенные в различных районах нашей страны, позволяют, используя разнообразную роль растительности, агротехнические мероприятия и другие факторы биологического характера, разрешать вопросы увеличения почвенного и грунтового питания водой.

Исследования в равнинных и горных условиях привели к важным выводам, имеющим большое гидрологическое значение. Главнейшие из них следующие.

1. На дренируемых водосборах, при снегозапасах не менее 20 % от годового слоя осадков, между средним годовым стоком и нормой осадков возникает тесная зависимость, которую можно выразить словами: чем больше осадков, тем больше сток.

2. Количество поступающих на поверхность почвы атмосферных осадков зависит от высоты и рельефа местности, наличия древесной растительности, травяного покрова и лесной подстилки.

3. Количество задерживаемых пологом леса атмосферных осадков разной интенсивности изменяется в зависимости от состава, сомкнутости и возраста древостоев.

4. По сравнению с безлесными площадями улучшение скважности почвы под влиянием леса обеспечивает поступление в почвогрунт дополнительных запасов воды.

5. Благодаря улучшению структуры почвы, в результате разрыхляющего действия корневых систем, меньшего промерзания почвы и наличия влагоемкой и влагопроницаемой подстилки,

в лесу и на полезащитных полосах создаются благоприятные условия для впитывания влаги в почву и уменьшения поверхностного стока.

6. Поверхностный сток с малых водосборов меняется в зависимости от процента лесистости. При увеличении лесистости на 1 % коэффициент стока уменьшается в лесной зоне на 0,004—0,006, в степной зоне — на 0,008—0,010.

Эти цифры, однако, не дают основания считать, что лесистость нужно увеличить до 100%. При правильном распределении лесов на водосборе с размещением лесных массивов по горизонтали можно почти полностью перевести поверхностный сток во внутрипочвенный при незначительном проценте лесистости. По многолетним наблюдениям, в степных условиях коэффициент поверхностного стока составляет около 0,70. При облесении в верхней, средней и нижней частях склона в размере 6% от общей площади водосбора коэффициент стока уже равняется 0,30, а при 18%, лесистости — только 0,08.

В горных условиях Кавказа под пологом буково-грабовых древостоев сомкнутостью 0,7 поверхностного стока почти нет. Редина сомкнутостью 0,2—0,3 дает сток на 15—23% меньший, чем сплошная вырубка. Площадь без лесной подстилки дает сток на 35% больший, чем покрытая зарослями ежевики. Повышенный поверхностный сток на лесосеках продолжается 3—4 года, после чего он приближается к стоку редины. Таким образом, в горах снижение полноты ниже 0,5 нежелательно. Хозяйство в горных лесах, преследуя водоохранные и противоэрозионные цели, должно основываться или на выборочных рубках со снижением сомкнутости до 0,7, или на группово-выборочных рубках с вырубкой окон в 25—30 м в диаметре, или на постепенных рубках.

7. Под влиянием леса происходит изменение водности крупных и средних рек лесостепной зоны в близких физико-географических условиях. При одинаковых нормах осадков и снегозапасах, составляющих не менее 18—20% от годовой суммы осадков, устанавливается тесная зависимость между лесистостью местности и количеством стока. С увеличением лесистости средний годовой поверхностный сток уменьшается. Лес трансформирует сток, уменьшает на 20—25% поверхностный и увеличивает

на 54⁰/₀ подземный. Общая норма стока не изменяется, но водоносность рек в летний период увеличивается.

8. Леса в горных и всхолмленных местах выполняют одновременно несколько функций: регулируют водные потоки, смягчая наводнения, охраняют и увеличивают количество воды в горных источниках, ослабляют лавины и предотвращают эрозию почвы.

Помимо установления общих закономерностей, связанных с лесом как регулятором стока, за последнее десятилетие обращено большое внимание на выяснение гидрологической роли различных типов леса, а в пределах их — на выявление гидрологических закономерностей, связанных с процессом развития древостоев в различных типах леса.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ ЛЕСА

Различие в водном режиме почв, покрытых древесной растительностью, определяется прежде всего количеством расходуемой влаги на транспирацию, суммарным испарением и поверхностным стоком.

За последнее время интенсивность транспирации ряда древесных пород установлена чл.-корр. АН СССР Л. А. Иваловым. По данным этого автора, она сильно зависит от влажности почвы. С повышением уровня грунтовых вод и увеличением влажности почвы транспирация возрастает. В определенном географическом районе и в пределах одинаковой влажности почвы интенсивность транспирации у различных древесных пород не одинакова. В Подмоскowie и в южной степи (в Деркуле) среднесуточная интенсивность транспирации в мг/г/час выражается величинами, приведенными в табл. 1.

Расход влаги на транспирацию различных древесных пород в пределах определенного района зависит от листовой массы в древостое, которая колеблется в зависимости от возраста, сомкнутости и условий роста древостоя. Наибольшие запасы листы в древостоях всех древесных пород приходится на период кульминации текущего прироста. В возрасте 60 лет наибольшие запасы листы в свежем состоянии выражаются: у ели в 20,8 т/га; сосны — 11,9; березы — 9,29; дуба — 7,05; осины — 6,26 и у липы — 5,78 т/га.

Таблица 1

Среднесуточная интенсивность транспирации в Подмосковье и в Деркуле
(в мг/г/час)

Порода	Подмосковье	Южные степи — Деркул	
		Высокие грунтовые воды	Глубокие грунтовые воды
Ясень обыкновенный (<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	502	384	455
Клен остролистный (<i>Acer platanoides</i> L.)	326	297	404
Липа (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	430	—	234
Береза бородавчатая (<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.)	433	357	166
Дуб черешчатый (<i>Quercus robur</i> L.)	374	280	160
Сосна (<i>Pinus silvestris</i> L.)	141	—	76
Осина (<i>Populus tremula</i> L.)	245	34	—

Зная количество часов всего транспирационного периода, можно легко определить расход влаги на транспирацию различными древостоями на гектар.

Расход влаги на транспирацию древостоями определен для чистых еловых древостоев в 368 мм, сосновых — 220 мм, березовых — 295 мм, дубовых южной лесостепи — 242 мм.

Учитывая изменения интенсивности транспирации, естественно следует ожидать различных расходов на транспирацию древостоями, выросшими в условиях различной влажности почвы. Например, в чистых сосняках расход влаги на транспирацию, в зависимости от запасов воды в метровом слое почвы, меняется так, как показано в табл. 2:

Таблица 2

Расход влаги на транспирацию в чистых сосняках в зависимости от запасов воды в метровом слое почвы (в мм)

Запас влаги в почве	60	100	140	180	220	260	300	380
Расход на транспирацию древостоем	184	200	220	225	240	495	455	426

Таким образом, больше всего влаги на транспирацию расходуется при запасах ее в почве в количестве 180 мм. Избыток, как и недостаток влаги, снижает этот расход. Образующийся при избытке влаги торфянистый слой, отличаясь кислой реакцией и плохими физическими свойствами, содействует развитию анаэробных условий, в результате чего жизнедеятельность сосны снижается.

Помимо расходов на транспирацию часть влаги задерживается на кронах деревьев и испаряется обратно в атмосферу.

Общее годовое задержание осадков на кронах в 65-летних древостоях, выраженное в процентах, равняется: для ели 37,0, сосны — 21,0, березы — 12,0, осины — 11,0 и для дуба — 18,0.

Третьей важной статьёй расхода влаги является транспирация травяной и моховой растительностью. Суммарное испарение с покрова и почвы под пологом чистого древостоя меняется от видового состава покрова. Под пологом чистого одноярусного полного соснового древостоя расход влаги на испарение различным покровом изменяется так: мертвый — 63 мм, лишайники (*Cladonia*) — 79 мм, зеленые мхи (Пурпассеае) — 80 мм, кукушкин лен (*Polytrichum commune*) — 190 мм, сфагновые (*Sphagnaceae*) — 227 мм, кисличка (*Oxalis acetosella* L.) — 150 мм, черника (*Vaccinium myrtillus* L.) — 116 мм, брусника (*V. vitis idaea* L.) — 128 мм.

Существенные изменения в расходе влаги на суммарное испарение отмечены и под пологом 220-летних дубовых древостоев. Здесь расход влаги разным покровом с 1 апреля по 1 октября выражается следующими величинами:

		Среди густого подлеска, мм
Сныть (<i>Aegopodium podagraria</i> L.) .	155,6	98,0
Осока (<i>Carex pilosa</i> Scop.)	132,8	78,0
Звездчатка (<i>Stellaria holostea</i> L.) . .	134,0	69,0
Купена (<i>Polygonatum multiflorum</i> All.)	84,0	
Залудыш (<i>Conwallaria majalis</i> L.) . .	130,0	
Подстилка	68,0	54,0

Часть атмосферных осадков расходуется также на поверхностный и внутрипочвенный сток. В пределах одной лесорастительной зоны поверхностный сток меняется в зависимости от механического состава почвы, рельефа и лесистости местности. При одинаковом рельефе коэффициент стока в лесу на суглинистых почвах варьирует в зависимости от степени промерзания почвы, ее влажности и плотности, в пределах от 0,1 до 0,4, а на песчаных почвах — от 0 до 0,15. Промерзание почвы, как известно, зависит от метеорологических условий, мощности снега, глубины залегания грунтовых вод, полноты и состава древостоев и мощности подстилки.

Вообще основные расходы влаги на транспирацию, испарение и сток зависят от состава леса, связанного с механическим составом почвы и ее плодородием. Уже из всего сказанного следует, что однородные участки леса, близкие по лесорастительным условиям, составу древесных пород, сравнительно близкие по ходу роста или производительности древостоев, с одинаковым составом прочей растительности в целом возрасте и однородной еменой пород, при одинаковом рельефе, будут расходовать равное количество влаги. Объединение таких однородных лесных биогеоценозов принято называть типом леса.

В гидрологическом отношении тип леса — такой же естественноисторический фактор, как почва с ее механическим составом, структурой и плодородием, обуславливающими тот или иной тип леса. Интенсивность транспирации, а также и количество транспирируемой влаги в каждом типе леса зависят от видового состава и формы древостоев, в свою очередь меняющихся от почвы. Таким образом, каждый тип леса выполняет свою гидрологическую роль, определяющуюся более или менее постоянным расходом влаги на транспирацию, суммарное испарение и сток.

В основных типах леса под Москвой расход влаги на транспирацию и суммарное испарение определяется величинами, приведенными в табл. 3.

Наибольший расход влаги на суммарное испарение в летний период характерен для сосняков-долгомошников и ельничков-черничников. В еловых и березовых типах леса расход влаги

Таблица 3

Расход влаги в сосновых типах леса под Москвой (в мм)

Тип леса	Транспирация	Испарение с покрова	Задержание на пролах	Итого
Сосняк мышистый (<i>Pinetum hylocomiosum</i>)	173	79	80	332
Сосняк-брусничник (<i>Pinetum vaccini- nosum</i>)	195	83	86	364
Сосняк-черничник (<i>Pinetum myrtil- losum</i>)	217	121	90	428
Сосняк-долгомошник (<i>Pinetum poly- trichosum</i>)	165	190	86	441
Сосняк-сфагновый (<i>Pinetum sphag- nosum</i>)	119	227	80	426
Ельник-брусничник (<i>Piceetum vacci- nosum</i>)	225	86	70	381
Ельник-черничник (<i>Piceetum myrtil- osum</i>)	297	55	121	473
Березняк-черничник (<i>Betuletum myr- tillosum</i>)	500	55	100	655

на суммарное испарение заметно выше, чем в сосновых. В более южных районах, в особенности с недостатком влаги, сосновые и дубовые искусственные насаждения, как уже отмечено, значительно снижает расход влаги на транспирацию. Здесь степень этого снижения у разных пород различна. Например, в сухой степи расход влаги на транспирацию сосновых древостоев 60 лет равен 146 мм, а в дубовых лесах 15 лет, по данным Л. А. Иванова, от 135 до 148 мм, т. е. в полтора с лишним раза меньше, чем в зоне смешанных лесов или же при близком залегании грунтовых вод в засушливых районах. В районах с недостатком влаги под влиянием условий среды уменьшается облиствление и усиливается изреживание древостоев. Такая же зависимость с изменением типов леса характеризует и дубовые древостой. В зоне южной лесостепи наименьшее количество влаги на суммарное испарение расходуется в солонцевой дубраве и наибольшее — в сыгвево-осоковой на темносерых

почвах. Все это достаточно убедительно говорит о том, что разные типы леса обладают разной гидрологической ролью (см. табл. 4). В типах леса с недостатком увлажнения значительная часть влаги на суглинистых почвах расходуется на поверхностный сток или же проникает глубоко в грунт на песчаных почвах и поступает в реки внутрипочвенным стоком. В высокопроизводительных типах, наоборот, значительная часть влаги расходуется на суммарное испарение и в парообразном состоянии переносится в другие районы страны.

Т а б л и ц а 4
Гидрологическая роль различных типов леса

Тип леса	Потери влаги из почвы без стока и инфильтрации, мм	Осадки за лето, мм	Общий расход влаги, мм	Испарение с покровов и подстилки, мм	Испарение с грун., мм	Транспирация, мм	Общий запас древесины, м³
Осоково-снытевая дубрава (<i>Quercetum caricoso-aegopodiosum</i>), склон	188,0	199,6	387,6	75	75,0	237	558
Осоково-снытевая дубрава (<i>Quercetum caricoso-aegopodiosum</i>), пикетир . . .	155,0	199,6	354,6	75	74,7	204,9	464
Полевкоеленовая дубрава (<i>Querceto-acerctum campetre</i>), восточный склон	177,1	199,6	366,6	80	70,0	166,6	300
Осоково-снытево-лиственничная дубрава (<i>Thicket-quercetum caricoso-aegopodiosum</i>), северо-западный склон	129,0	199,6	328,6	80	71,8	176,8	419
Бересклетовая дубрава (<i>Quercetum evonymosum</i>), юго-восточный склон . .	80,0	199,6	279,6	85	69,6	125,0	193
Солощовая дубрава (<i>Quercetum salinum</i>)	53,6	199,6	252,6	80	58,0	108,0	126

В общем, чем запас древостоев больше, тем больше расход влаги на транспирацию древесной и кустарниковой растительностью, тем больше задержание осадков на кронах; наоборот, испарение с поверхности почвы и транспирация покрова выше там, где запас древостоя меньше и где, естественно, меньше степень сомкнутости крон.

Конечно, при этом следует иметь в виду, что древостои одного и того же состава и возраста в различных лесорастительных зонах расходуют разное количество влаги. Расход влаги на транспирацию 150-летним сосновым древостоем при близкой долготе, но под 64° с. ш. равен 160 мм, под 56° с. ш. — 183 мм, под 51° — 203 мм и под $49^{\circ}40'$ с. ш., даже при возрасте древостоя в 46 лет, — только 140 мм.

Таким образом, гидрологическая роль леса тесно связана с типами леса и физико-географическими зонами. Расход влаги древостоем уменьшается с уменьшением запаса древесины на единице площади. Малопродуктивные типы леса меньше отдают влаги на испарение, зато большая часть ее расходуется на сток.

На суглинистых почвах в дубовых древостоях сток влаги под пологом леса тем больше, чем ниже продуктивность древостоя, чем сильнее засоление почвы.

Поверхностный сток на темносерых суглинках в осоково-снытевой дубраве составляет всего лишь 4% годовых осадков, а инфильтрация в грунт — 18%. В осоково-липняковой дубраве, на склонах северо-западной экспозиции, на суглинистых почвах, сток равен 13%, инфильтрация — 18%. В полево-кленовом типе леса, на юго-восточных склонах, сток выражается в 18%, инфильтрация — в 11%. В то же время в солонцовой дубраве, также на суглинистых почвах, сток составляет 36%, а инфильтрация — 15% общего количества годовых осадков. В солонцовой дубраве суммарное испарение равняется половине, а на безлесных солонцовых почвах всего лишь 25—30% годовых осадков. Столь большой сток вызывается низкой скважностью и плохой влагопроницаемостью почвы. В интересах улучшения физических свойств почв в этих условиях необходимо подбирать древесные породы, мирящиеся с засолением и улучшающие структуру почвы.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ ДРЕВОСТОЕВ РАЗЛИЧНОГО ВОЗРАСТА

В интересах управления водным режимом почв и стоком рек на той или иной территории мы выясняли расходы воды на транспирацию и суммарное испарение в процессе развития древостоя. В этих целях проведены многочисленные наблюдения за расходом влаги в сосновых, еловых, дубовых, осиновых и ясеневых древостоях различного возраста. Результаты наблюдений при 500 мм годовых осадков сведены в табл. 5.

Наибольшее количество осадков на кронах задерживается в 40–60-летних сосновых, дубовых и еловых древостоях и 20–30-летних ясеневых и осиновых. В 40-летнем возрасте сосна задерживает на кронах и испаряет обратно в атмосферу на 53 мм влаги больше, чем в спелом возрасте, дуб — 47 мм, ель — 56 мм и осина — на 71 мм. Наряду с повышенным испарением с крон наблюдается пониженное испарение влаги в 40–60-летнем возрасте с поверхности травяного покрова и

Таблица 5

Расход влаги на транспирацию и испарение в древостоях различного состава (в мм)

Порода	Статья расхода	Возраст, лет								
		20	40	60	80	100	120	140	160	220
Сосна	Транспирация . . .	236	250	200	185	170	158	146	125	Не опр.
	Испарение с покрова и почвы	48	67	87	100	100	100	103	105	» »
	Задержание на кро- нах	127	150	140	135	120	105	100	97	» »
	Итого	411	467	427	420	390	363	349	327	» »
Дуб	Транспирация . . .	210	246	255	240	215	192	183	190	220
	Испарение с покрова и почвы	78	84	97	106	123	125	125	118	110
	Задержание на кро- нах	67	115	117	110	105	100	95	90	70
	Итого	355	445	469	456	443	417	403	398	400

Таблица 5 (окончание)

Порода	Статья расхода	Возраст, лет						
		20/40	60	80	100	120/140	160	220
Ель	Транспирация	Не опр.	345	Неопр.	225	Не опр.	190	Неопр.
	Испарение с покрова и почвы	» »	55	» »	75	» »	80	» »
	Задержание на кро- нах	» »	185	» »	160	» »	129	» »
	Итого . . .	» »	585	» »	460	» »	399	» »
Осина	Транспирация . . .	224	212	184	Не определялись			
	Испарение с покрова и почвы	78	84	97	» »			
	Задержание на кро- нах	90	70	40	» »			
	Итого . . .	392	366	321	» »			
Ясень	Транспирация . . .	236	240	198	175	Не определялись		
	Испарение с покрова и почвы	68	80	90	93	» »		
	Задержание на кро- нах	96	96	80	65	» »		
	Итого . . .	400	416	368	333	» »		

подстилки. В дальнейшем, по мере старения и изреживания древостоя, отмеченное суммарное испарение увеличивается до 57 мм и у дуба до 67 мм.

Лес как гидрологический фактор особенно сильно проявляет свое действие при расходе влаги на транспирацию. Наибольшие расходы характерны у сосны в 40-летнем возрасте, у дуба в 50—60 лет, у ели в 60 лет, у ясеня и осины в 20—30 лет. В дальнейшем, по мере увеличения возраста древостоев, расход влаги уменьшается. Это длится до тех пор, пока под пологом изреженных древостоев не развивается ель. С появлением второго яруса ели под пологом сосны или сопутствующих пород

под пологом дуба расход влаги на транспирацию снова начинает возрастать. Суммарное испарение достигает максимума также в 40—60-летнем возрасте, причем в 40-летнем возрасте соснового древостоя расходуется влаги на 140 мм больше, чем в спелом, в дубовом на 169 мм, в еловом—186 мм, в осиновом — 71 мм и в ясеневом — на 83 мм.

В древостоях, изреженных рубками до сомкнутости 0,4, расход влаги на испарение в первые годы после рубки до появления травяной растительности на 100 мм меньше, чем в полном сосновом древостое, и при появлении под пологом изреженного древостоя травяного покрова из всейника—на 16 мм больше, чем в полных древостоях. Аналогичная закономерность обнаружена для дубовых и ясеневых древостоев. Таким образом, борьба за влагу должна осуществляться при помощи умеренного изреживания до сомкнутости 0,7.

Следует отметить, что расход влаги на транспирацию и суммарное испарение тесно связан с массой листвы в древостоях. В свою очередь, масса листвы тесно связана с приростом. В результате связь между текущим приростом, транспирацией и суммарным испарением характеризуется прямолинейной зависимостью. Эти закономерности позволяют регулировать водный режим почв путем разведения древесных пород, отличающихся разной продуктивностью, или посредством изменения возрастов древостоев. На почвах, склонных к заболачиванию, надо выращивать быстрорастущие породы; на почвах с недостаточным увлажнением запасы и поступление влаги в почву регулируются рубками ухода.

В условиях Севера, после сплошных рубок, лесоводы стремятся как можно скорее облесить площадь на почвах, склонных к заболачиванию, такими расходующими влагу породами, как лиственница, ель, осина и тополь, а в лесостепной зоне, в условиях непостоянной влажности, ускорить разведение и быстрый рост сомкнутых дубовых древостоев.

ГИДРОЛОГИЧЕСКАЯ РОЛЬ БЕЗЛЕСНЫХ ПЛОЩАДЕЙ

Гидрологическая роль безлесных площадей меняется в тесной зависимости от механического состава почвы, культурного состояния ее и размеров безлесных площадей. На безлес-

ных площадях запасы влаги в почве тесно связаны с величиной стока и суммарным испарением.

При одинаковом механическом составе почвы поверхностный сток меняется в зависимости от условий рельефа. На песчаных почвах, при уклоне в 0,002, коэффициент стока равен 0,13, а при 0,01—0,2; при 0,14 он достигает уже 0,3. При одинаковом рельефе с уклоном 0,14 коэффициент стока меняется в зависимости от механического состава почвы. На солонцовых суглинках он равен 0,71, на глинистых почвах — 0,6, на каштановых суглинках — 0,48, на черноземных — 0,34 и на супесчаных почвах — около 0,18—0,20.

На суглинистых почвах при одинаковом рельефе сток меняется в зависимости от характера обработки почвы. При пахоте вдоль склонов он варьирует, в зависимости от степени промерзания и уплотнения, от 0,1 до 0,5; на многолетней залежи, в зависимости от густоты растительности, — от 0,68 до 0,93; при глубокой пахоте и периодическом рыхлении почвы коэффициент стока равен 0,01—0,02.

При одинаковых перечисленных условиях запасы влаги в конце вегетационного периода меняются в зависимости от размеров безлесных площадей. Например, на вырубке 1000 × 1000 м они в 150-сантиметровой толще составляют 105 мм, а на прогалине 60 × 60 м — 178 мм. В степи, на расстоянии 400 м от стены леса, запасы влаги определяются в 69,1 мм, а на прогалине 100 × 100 м — в 91,1 мм. Подобная разница вызвана меньшими запасами воды в снеге на обширных безлесных площадях и более высоким испарением.

В общем гидрологическая роль безлесных площадей сильно меняется в зависимости от механического состава почвы, условий рельефа, вида культур на этих площадях, культурного состояния почвы и размеров безлесных площадей.

ПУТИ УПРАВЛЕНИЯ ВОДООХРАНЫМИ СВОЙСТВАМИ ЛЕСА

Независимо от состава, лес особенно резко уменьшает поверхностный сток в горных условиях при ливнях и таянии снегов. Эту же функцию он выполняет и на равнинах, где, как правило, прежде всего предотвращает образование оврагов. Поэтому, в целях управления водным режимом рек и почвы,

в первую очередь необходимо разводить леса на водосборных площадях.

Управление водоохранной ролью при помощи лесоводственных методов должно осуществляться путем проведения рубок промежуточного пользования, при выборочных и сплошных рубках, при очистке лесосек, а также при подборе пород для лесоразведения на безлесных площадях.

В лесах водоохранной зоны рубки ухода в полных древостоях проводятся интенсивностью в 20—25 % по запасу, выборочные рубки — в 30 % и сплошные — лесосеками 50-метровой ширины при равномерном распределении их в пространстве.

В лесах Севера, где испарение с поверхности почвы и покрова незначительное, сплошные рубки осуществляются большими площадями. Это содействует увеличению суммарного испарения и ослаблению процессов заболачивания.

В области организации лесного хозяйства полученные данные применяются в форме равномерного распределения по площади древостоев разного возраста, состава и полноты в тех случаях, когда поверхностный сток надо перевести во внутрипочвенный. В лесах, где по гидрологическим условиям необходима борьба с избытком влаги, разводит ель и лиственницу. В отдельных случаях могут быть использованы береза и осина, однако действие этих пород как влагопотребителей продолжается очень короткий период. На почвах с избыточным увлажнением древостои содержатся в омоложенном состоянии, обеспечивающем высокую продуктивность.

В горных условиях водоохранные леса должны предупреждать эрозию и снежные обвалы. Это достигается созданием и поддержанием высокой сомкнутости древостоев и образованием мощной подстилки. Эксплуатация леса в данном случае проводится только постепенными, выборочными или группово-выборочными рубками с поддержанием наибольшей инфильтрационной способности почвы.

В засушливых районах ведется работа по отбору засухоустойчивых древесных пород и созданию полос, содействующих равномерному распределению снега по площади.

SCIENTIFIC INVESTIGATIONS IN THE USSR ON FOREST HYDROLOGY AND MEANS OF REGULATING THE WATER-PROTECTING PROPERTIES OF A FOREST

Extensive and many-sided investigations of the hydrological role of a forest, carried out in different regions of our country, permit making use of the diverse part played by vegetation, of agrotechnical measures and of other biological factors, to solve the problems of intensifying the feeding of soils and ground with water.

As a result of investigations in conditions of plains and mountains, important conclusions have been made of great hydrological significance. Here are the main ones.

1. In drained watersheds, with snow-stocks not less than 20 per cent of the annual layer of atmospheric precipitations, a close dependence between the average annual run-off and the rate of precipitations arises, which can be formulated as follows: the more the quantity of precipitations, the more the run-off.

2. The quantity of atmospheric precipitations, falling to the surface of the soil, depends upon the locality height and relief, availability of tree vegetation, grass cover and forest litter.

3. The quantity of atmospheric precipitations of different intensity, intercepted by the crown of a forest, varies, depending on the composition, density of crown and age of the stands.

4. In comparison with woodless areas, improvement of the soil porousness under the influence of a forest provides additional stocks of water entering the soil-ground bed.

5. The soil structure improved due to loosening effect of the root systems, to less soil freezing through and to moisture-

capacious and moisture-permeable litter available, creates favourable conditions in forests and shelter-belts for absorbing the moisture by the soil and for decreasing the surface run-off.

6. The surface run-off from small watersheds varies, depending on the per cent of woodiness. With woodiness increased by 1 per cent, the run-off coefficient is decreased by 0.004 to 0.006 in a forest zone and by 0.008 to 0.010 in a steppe zone.

These figures do not, however, give any reason to consider that woodiness should be increased to 100 per cent. With forests properly distributed over a watershed, large forests being accommodated along the horizons, it is possible to transfer the surface run-off almost completely into the intrasoil one, the per cent of woodiness being small. According to observations of many years, coefficient of the surface run-off in conditions of steppe is about 0.70. With 6 per cent afforestation in the upper, middle and lower part of the slope to the total area of the watershed, coefficient of the run-off is already equal to 0.30, and with 18 per cent of woodiness it is equal only to 0.08.

In mountain conditions of the Caucasus, under the crown of beech-hornbeam (*Fagus-Carpinus*) stands with density of crown 0.7, surface run-off is almost non-existent. Thin stands with density of crown 0.2 to 0.3 give a run-off of 15 to 23 per cent less than an over-all cleared space. A litterless ground gives a run-off 35 per cent larger than a ground covered with densely overgrown bramble. Increased surface run-off in wood-cutting areas lasts for 3-4 years; past this period it becomes like that of sparse areas. Thus in mountains reduction in fullness to less than 0.5 is undesirable. Economics in mountain forests pursuing water-protecting and anti-erosion purposes, should be based either on a selection system, reducing the density of crown to 0.7, or on a group system with cutting out openings of 25 to 30 m. of a diameter, or on a uniform system.

7. Under similar physical-geographical conditions, influence of a forest results in change of water-supply of large and average rivers in a forest-steppe zone. With equal rates of precipitations and snow-stocks, not less than 18-20 per cent to the annual sum of precipitations, a close dependence between the woodiness of a locality and the quantity of a run-off is established. As the woodi-

ness increases, the average annual surface run-off decreases. The forest transforms the run-off: it decreases the surface run-off by 20-25 per cent and increases the subsoil run-off by 54 per cent. The general rate of the run-off remains unchanged, but water-supply of rivers in summer time becomes increased.

8. Forests in mountain and hill regions perform several duties: simultaneously they mitigate inundations by regulating the flow of water, protect and increase the quantity of water in mountain springs, reduce avalanches and prevent the soil from erosion.

Besides revealing the general regularities connected with a forest as a regulator of a run-off, much attention has been paid within the last decades to clearing up the hydrological role of different forest types, and within their limits to clearing up the hydrological regularities, connected with the process of stand development in different forest types.

HYDROLOGICAL ROLE OF DIFFERENT FOREST TYPES

Differences in water regime of soils, covered with tree vegetation, are determined first of all by the quantity of moisture spent for transpiration, by summary evaporation and by surface run-off.

In recent years intensity of transpiration of a number of tree species has been established by L. A. Ivanov, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the USSR. According to his data, intensity of transpiration is greatly dependent on the humidity of the soil. With the level of subsoil waters and the humidity of soil increased, transpiration grows. Within a definite geographical region and the same limits of soil humidity, transpiration intensity of different tree species differs. In regions situated near Moscow, and in the southern steppe (in Derkule), average twenty-four-hour transpiration intensity in mg/gr/hr is expressed by the quantities shown in Table 1.

Expenditure of moisture for transpiration of different tree species within the limits of a definite region depends upon the mass of leaves that covers the stands and varies according to their age, density of crown and growth conditions. The largest stocks of leaves covering the stands of all tree species fall on the culminating period of the current increase. At the age of 60 the largest stocks of fresh leaves are expressed by the following quan-

Table 1

Average twenty-four-hour transpiration intensity in regions near Moscow and in Derkule (in mg/gr/hr)

Species	Regions near Moscow	Southern steppes-Derkule	
		High sub-soil waters	Deep subsoil waters
Common ash-tree (<i>Frazinus excelsior</i> L.)	502	384	155
Maple of keen shaped leaves (<i>Acer platanoides</i> L.)	326	297	104
Linden (<i>Tilia cordata</i> Mill.)	430	—	231
Warty birch (<i>Betula verrucosa</i> Ehrh.)	433	357	166
Cutting oak-tree (<i>Quercus robur</i> L.)	374	280	160
Pine-tree (<i>Pinus silvestris</i> L.) . . .	141	—	76
Asp (<i>Populus tremula</i> L.)	245	34	—

tities: spruce — 20.8 tons/hectare; pine — 11.9; birch — 9.29; oak — 7.05; asp—6.26 and linden — 5.78.

Knowing the quantity of hours of the whole transpiration period, it is not difficult to determine expenditure of moisture for transpiration by different stands per hectare.

Expenditure of moisture for transpiration of stands has been determined for those of pure spruce to be 368 mm, pine — 220 mm, birch — 295, oak in southern forest-steppe — 242 mm.

Taking into account variations in transpiration intensity, it is natural to expect different expenditures of moisture for transpiration of stands grown in conditions of different soil humidity. For example, expenditure of moisture for transpiration in pure pineries varies, dependent on water stocks in one meter soil layer as shown in Table 2.

Thus, the largest expenditure of moisture for transpiration takes place when the stocks of moisture in the soil are 180 mm. The expenditure is less both with excess and deficiency of moisture. A peaty layer formed with excess of moisture is distinguished by acid reaction and poor physical properties, promotes development of unacrobic conditions, as a result of which vital activity of pine is reduced.

Table 2

*Expenditure of moisture for transpiration in pure pineries,
depending on water stocks in one meter soil layer (in mm)*

Stock of moisture in the soil	60	100	140	180	220	260	300	380
Expenditure for trans- piration of the stands	184	200	220	225	210	195	155	126

In addition to expenditures for transpiration, part of the moisture is intercepted by the crown of the trees and evaporated back into the atmosphere.

Total annual interception of precipitations by the crowns of 65-year-old stands, in per cent, is equal for spruce to 37.0, pine—21.0, birch—12.0, asp—11.0 and oak—18.0.

The third important item of moisture expenditure is transpiration of grass and moss vegetation. The summary evaporation from the cover and the soil under the crown of pure stands varies, dependent on the species composition of the cover. Under the crown of pure one-storeyed full pine stands, expenditure of moisture for evaporation by different cover varies as follows: dead cover—63 mm, reindeer moss (*Cladonia*)—79 mm, green mosses (*Hypnaceae*)—80 mm, haircap moss (*Polytrichum commune*)—190 mm; sphagnum (*Sphagnaceae*)—227 mm, wood sorrel (*Oxalis acetosella* L.)—150 mm, whortleberry (*Vaccinium myrtillus* L.)—116 mm, cowberry (*Vacc. vitis idaea* L.)—128 mm.

Substantial variations in expenditure of moisture to the total evaporation have also been registered under the crown of 220-year-old oak stands. Here the moisture expenditure by different vegetation-cover from April 1 to October 1 is expressed by the following quantities:

	In thin stands (in mm)	Within thick underwood (in mm)
Goutweed (<i>Aegopodium podagraria</i> L.)	155.6	98.0
Sedge (<i>Carex pilosa</i> Scop.)	132.8	78.0
Starwort (<i>Stellaria holostea</i> L.)	134.0	69.0
Solomonseal (<i>Polygonatum multiflorum</i> All.)	81.0	—
Lily of the valley (<i>Convallaria majalis</i> L.)	130.0	—
Litter	68.0	54.0

Part of the atmospheric precipitations is also spent for the surface and intrasoil run-off. Within the limits of the same forest-vegetation zone the surface run-off varies, dependent on the mechanical composition of the soil, relief and woodiness of the locality. With equal relief the run-off coefficient in a forest varies, dependent on the degree of soil freezing through, its humidity and density within the limits from 0.1 to 0.4 on foamy soils and from 0 to 0.4 on sandy soils. The soil freezing through, as is known, depends upon meteorological conditions, thickness of the snow cover, depth of the deposition of subsoil waters, fullness and composition of the stands and thickness of the litter.

In general, principal moisture expenditures for transpiration, evaporation and run-off depend upon the forest composition connected with mechanical composition of the soil and its fertility.

As is evident from the above stated, homogeneous forest plots with similar forest-vegetation conditions, composition of tree species, with comparatively similar progress in growth of productivity of the stands, with similar composition of other vegetation of ripe age and with uniform variation of the species will spend in conditions of identical relief equal quantities of moisture.

Combination of such homogeneous forest biogeocenoses is accepted to be called a forest type.

In hydrological respect a forest type is the same natural-historical factor as a soil with its mechanical composition, structure and fertility that conditions one or another forest type. Transpiration intensity as well as the quantity of moisture transpired in every forest type depends upon the species composition and the shape of the stands which vary, in turn, dependent on the soil. Thus every forest type performs its own hydrological role, determined by more or less constant moisture expenditure for transpiration, summary evaporation and run-off.

In pine forest types near Moscow expenditure of moisture for transpiration and summary evaporation is determined by the following quantities (Table 3).

Table 3

Moisture expenditure in pine forest types near Moscow (in mm)

Forest type	Transpiration	Evaporation from the cover	Interception by the crowns	Total
Mossy pinery (<i>Pinetum hylocomio sum</i>)	173	79	80	
Cowberry pinery (<i>Pinetum vaccinio sum</i>)	195		86	364
Whortleberry pinery (<i>Pinetum myrtillosum</i>)	217	121		428
Haircapmossy pinery (<i>Pinetum polychrichosum</i>)	165	190	86	441
Sphagnum pinery (<i>Pinetum sphagnosum</i>)	119			
Cowberry spruce wood (<i>Piceetum vacciniosum</i>)			70	
Whortleberry spruce wood (<i>Piceetum myrtillosum</i>)	297			
Wortleberry birch wood (<i>Betuletum myrtillosum</i>)	300		100	

The largest moisture expenditure for summary evaporation in summer-time is characteristic for haircapmossy pineries and whortleberry spruce woods. In spruce and birch forest types moisture expenditures for summary evaporation are noticeably higher than in pine forests. In the regions situated nearer the South, particularly with moisture deficiency, pine and oak plantations, as already mentioned, considerably lessen moisture expenditures for transpiration. Here different species have a different degree of lessening. For example, in arid steppe moisture expenditure for transpiration of pine stands of 60 years of age is equal to 146 mm and in oak forests of 15 years of age, according to L. I. Ivanov's data, to 135-148 mm, that is, about 1.5 times less than in the zone of compound forests or with non-deep subsoil waters in arid regions. In the regions with

moisture deficiency, under the influence of environmental conditions, leafiness and stands grow thinner. The same dependence with variation of forest types characterizes oak stands as well. In the zone of the southern forest-steppe the least quantity of moisture for summary evaporation is spent in saline oakery and the greatest in goutweed-sedge oakery on dark grey soils. All this provides convincing evidence of the fact that different forest types are of different hydrological performance (Table 4). Within the forest types with damping deficiency, a considerable part of the moisture is spent for the surface run-off on foamy soils or penetrates deeply into the ground on sandy soils and joins the rivers by intrasoil run-off. In high productive types, on the contrary, a considerable part of the moisture is spent for summary evaporation and in a vaporous state is transferred to other regions of the country.

In general, the more the stock of the stands, the more the moisture expenditure for transpiration of the tree and shrub vegetation, and the interception of precipitations by the crowns; on the contrary, evaporation from the surface of the soil and transpiration is higher there, where the stock of the stands is less and where naturally less is the degree of density of the crown.

Certainly, together with this we should bear in mind that the stands of the same composition and age in different forest-vegetation zones spend different quantities of moisture. Expenditure of moisture for transpiration by 150-year-old pine stands in almost the same longitude, but along the latitude 64° North, is equal to 160 mm, along the latitude 56° North—183 mm, along the latitude 51° North—203 mm and along the latitude 49°40' North even at the age of the stands of 46 years it is equal only to 140 mm.

Thus the hydrological role of a forest is closely connected with forest types and physical-geographical zones. Expenditure of moisture by the stands is decreased with the stock of timber declining within a certain area unit.

Low productive forest types return small quantities of moisture for evaporation, and therefore a greater part of it is spent for run-off.

Table 4
Hydrological role of different forest types

Forest type	Moisture losses from the soil without run-off and infiltration (in mm)	Atmospheric precipitations for summer-time (in mm)	Total moisture expenditure (in mm)	Evaporation from the cover and litter (in mm)	Evaporation from the crowns (in mm)	Transpiration (in mm)	Total stock of the stands, (in m ³)
Sedge-goutweed oakery (Quercetum caricoso-aegopodiosum), slope	188.0	199.6	387.6	75	75.0	237	558
Sedge-goutweed oakery (Quercetum caricoso-aegopodiosum)	155.0	199.6	354.6	75	74.7	204.9	464
Field-maple oakery (Querceto-aceretum campestre), east slope	177.0	199.6	366.6	80	70.0	166.6	300
Sedge-goutweed-linden oakery (Tilieto-quercetum caricoso-aegopodiosum), northwest slope	129.0	199.6	328.6	80	71.8	176.8	419
Evonymus oakery (Quercetum evonymosum), southeast slope	80.0	199.6	279.7	85	69.6	125.0	193
Saline oakery (Quercetum salinum)	53.6	199.6	252.6	80	58.0	108.0	126

In oak stands on foamy soils the moisture run-off under the forest crown is larger with lower productivity of the stands and with greater soil salting.

Surface run-off on dark grey foamy soils in sedge-goutweed oakery is only 4 per cent to the annual precipitations, and infiltration into the ground—18 per cent. In sedge-linden oakery on the slopes of the northwest exposition on foamy soils, run-off is equal to 13 per cent and infiltration —18 per cent. In field-maple forest type on the southeast slopes, run-off is expressed by 18 per cent and infiltration — 11 per cent. At the same time

in saline oakery also on foamy soil, run-off is 36 per cent and infiltration —15 per cent to the total quantity of annual precipitations. In saline oakery summary evaporation is equal to half and on forestless saline soils only to 25-30 per cent of annual precipitations. Such a great run-off is caused by low porousness and poor moisture permeability of the soil. In the interests of improvement of physical properties of the soils, under these conditions, it is necessary to select such tree species which reconcile themselves to salting through and improve the structure of the soil.

HYDROLOGICAL ROLE OF STANDS OF DIFFERENT AGE

In the interests of regulating the water regime of the soils and run-off of a river within one or another territory, we undertook some clearing up of water expenditures for transpiration and summary evaporation in the process of development of the stands. For these purposes numerous observations have been carried out to find out moisture expenditures in pine, spruce, oak, asp and ash stands of different age. The results of the observation under 500 mm of annual precipitations have been summed up in Table 5.

The greatest quantity of precipitations is intercepted by the crowns of 40-60 year-old pine, oak, and spruce stands and by those of 20-30 year-old ash and asp stands. At the age of 40 a pine-tree intercepts by its crown and evaporates back into the atmosphere 53 mm, oak-tree —56 mm and ash-tree —71 mm of moisture more than at the ripe age. Together with an increase of evaporation from the crowns, reduced evaporation of moisture is observed at the age of 40-60 from the surface of the grass cover and the litter. Later on, as the stands become older and thinner, the summary evaporation mentioned increases to 57 mm and in case of an oak-tree — to 67 mm.

A forest, as a hydrological factor, shows very great effectiveness when spending moisture for transpiration. The greatest expenditures are characteristic for pine at the age of 40, for oak at the age of 50-60, for spruce at the age of 60, for

Species	Items of expenditure	Years of age								
		20	40	60	80	100	120	140	160	220
Pine	Transpiration	236	250	200	185	170	158	146	125	Not de-
	Evaporation from the cover and soil	48	67	87	100	100	100	103	105	termined
	Interception by the crowns .	127	150	140	135	120	105	100	97	»
	Total	411	467	427	420	390	363	349	327	»
Oak	Transpiration	210	246	255	240	215	192	183	190	220
	Evaporation from the cover and soil	78	84	97	106	123	125	125	118	110
	Interception by the crowns .	67	115	117	110	105	100	95	90	70
	Total	355	445	469	456	443	417	403	398	400

Table 5 (continued)

Species	Items of expenditure	Years of age									
		20	40	60	80	100	120	140	160	220	
Spruce	Transpiration	Not deter- mined		345	Not deter- mined	225	Not deter- mined	190	Not deter- mined		
	Evaporation from the cover and soil	»	»	55	»	75	»	80	»		
	Interception by the crowns .	»	»	185	»	160	»	129	»		
	Total	»		585	»	400	»	399	»		
Asp	Transpiration	224	212	184	Not determined						
	Evaporation from the cover and soil	78	84	97	»						
	Interception by the crowns .	90	70	40	»						
	Total	392	366	321	»						
Ash	Transpiration	236	240	198	175	Not determined					
	Evaporation from the cover and soil	68	80	90	93	»					
	Interception by the crowns .	96	96	80	65	»					
	Total	400	416	368	333	»					

ash and asp at the age of 20-30. Later on, as the stands become older, expenditure of moisture falls. It lasts until under the crown of the stands grown thin spruce develops. As a second store of spruce under the crown of pine-tree or of accompanying species appears, expenditure of moisture under the cover of oak-tree for transpiration increases.

Summary evaporation reaches its maximum also at the age of 40-60, while moisture spent by the pine stands at the age of 40 is 140 mm more than at a ripe age, by oak stands —169 mm more, by spruce stands —186 mm more, by asp stands —71 mm more and by ash-tree stands — 83 mm more.

In the stands thinned by felling till the density of crown becomes 0.4, expenditure of moisture for evaporation within the first years after the felling until grass vegetation appears is 100 mm less than in full pine stands and when grass cover appears under the crown of the stands it is 16 mm more than in full stands. Analogous regularity has been revealed in case of oak-tree and ash-tree stands. Consequently struggle for moisture should be carried on with the help of reasonable thinning until the density of the crown is 0.7.

It should be noted that moisture expenditure for transpiration and summary evaporation is closely connected with the mass of leaves in the stands. The mass of leaves is, in turn, connected with an increase. As a result, dependence between current increase, transpiration and summary evaporation is rectilinear. These regularities permit regulating the water regime of soils by planting tree species differing from each other by productivity or by varying the age of the stands. On soils disposed to water logging, it is necessary to try planting quickly growing species; on the soils with damping deficiency the stocks and the increase of moisture in the soil are regulated by felling for proper maintenance of forests.

In conditions of the North foresters strive, after complete clearing, to afforest as soon as possible the area of the soils disposed to water logging, with moisture spending species such as larch, spruce, asp and poplar, and in the forest-steppe zone in conditions of unstable humidity, to speed up planting and quick growth of densely crowned oak stands.

HYDROLOGICAL ROLE OF WOODLESS AREAS

Hydrological role of woodless areas varies, closely depending on the mechanical composition of the soil, its cultural state and on the size of the woodless areas. In the woodless areas moisture stocks in the soil are closely connected with the quantity of the run-off and with summary evaporation.

With the same mechanical composition of the soil the surface run-off varies, depending on the conditions of the relief. On sandy soils with the gradient 0.002, the run-off coefficient equals to 0.13 and with the gradient 0.01 it is equal to 0.2; with the gradient 0.14 it reaches already 0.3. In case of similar relief with the gradient 0.14 the run-off coefficient varies, depending on the mechanical composition of the soil. On saline loamy soils it is equal to 0.71, on loams — to 0.06, on chestnut loamy soils — 0.48, on black earths — 0.34 and on sandy loams — about 0.18 0.20.

On loamy soils in case of similar relief the run-off varies, depending on the character of soil cultivation. On ploughing along the slopes it varies, depending on the degree of soil freezing through and packing from 0.1 to 0.5; on lands uncultivated for many years it varies, depending on vegetation thickness, from 0.68 to 0.93. On deep soil ploughing and loosening the run-off coefficient is equal to 0.01-0.02.

Under the same conditions enumerated, moisture stocks at the end of the vegetation period vary, depending on the size of woodless areas. For example, on cleared spaces 1000×1000 within the layer of 150 cm, they are equal to 105 mm, and on a glade 60×60 — to 178 mm. In a steppe at 400 m distance from the forest wall, moisture stocks are determined to be 69.1 mm and on a glade 100×100 — 91.1 mm. Such a difference is caused by less water stocks in the snow covering extensive woodless areas and by a higher degree of evaporation.

In general, the hydrological role of woodless areas greatly varies, depending on the mechanical composition of the soil, relief conditions, vegetation species within these areas, the cultural state of the soil and size of forestless areas.

MEANS OF REGULATING THE WATER-PROTECTING PROPERTIES OF A FOREST

Independent of composition, a forest lowers with special sharpness the surface run-off in mountain conditions on cloud bursts and snow thawing. It also performs the same functions in plains where, as a rule, it prevents first of all formation of ravines. Therefore with the purpose of regulating the water regime of rivers and soil it is necessary primarily to cultivate forests in watersheds.

Regulation of the water-protecting role according to forestry methods should be realized by means of thinning, selection system, clearing and cleaning the parts of a forest where trees are felled, as well as by selection of species for cultivation of forest in woodless areas.

In forests of a water-protecting zone felling for the purpose of maintaining forests in full stands should be carried out with an intensity of 20-25 per cent to the stock, selection system with an intensity of 30 per cent and clearing should result in the formation of felling areas 50 meters wide evenly distributed over the forest space.

In the forests of the North where evaporation from the surface of the soil and from the cover is insignificant, the clearing system is applied within extensive areas. In comparison with narrow wood cutting areas, it promotes an increase of summary evaporation and prevents intense water logging processes.

In the sphere of organization of forest economy the data obtained are applied in such practical forms as even distribution of the stands of different age over the area, variation of composition and fullness of a forest when it is necessary to transfer a surface run-off into an intrasoil one. In the forests, where hydrological conditions require a struggle against moisture excess, spruce and larch are being cultivated. In individual cases it is possible to use birch and asp, but the effect of these species as moisture consumers lasts for a very short period of time. On the soil with superfluous damping the stands are kept in a rejuvenated state securing high productivity.

In mountain conditions the function of a forest is to prevent erosion and avalanches. This can be achieved by creating and

maintaining a high density of crown of the stands and by formation of thick litter. Exploitation of the forest in this case is carried on only by uniform, selection and group systems with maintaining the largest infiltration capability of the soil.

In the sphere of forestry in arid regions work is being done on selection of drought-proof tree species and creation of belts promoting even distribution of snow over the area.

*The Institute of Forests
of the Academy of Sciences of the USSR
Moscow*

С. В. ЗОНН

**ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ
МЕЖДУ ЛЕСОМ И ПОЧВОЙ
В СССР**

S. V. ZONN

**INVESTIGATION ON INTERACTIONS
BETWEEN FOREST AND SOIL
IN THE USSR**

ИЗУЧЕНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ МЕЖДУ ЛЕСОМ И ПОЧВОЙ В СССР

Проблемы лесного почвоведения занимают особое место среди проблем, разрабатываемых в СССР наукой о лесе, так как почвы составляют колоссальное и вечное богатство народов любой страны и являются неисчерпаемым источником, обеспечивающим человечество необходимыми продуктами питания и разнообразным сырьем для производственной деятельности.

С почвами, как одним из важнейших условий среды обитания растений, связаны производительность лесов и возможность лесоразведения в безлесных районах, занимающих обширные пространства в СССР.

В этих двух направлениях в СССР и ведутся основные научно-исследовательские работы по лесному почвоведению.

Научно обоснованное понимание взаимосвязей между лесом и почвой неразрывно переплетается с именем основателя русской школы почвоведения — В. В. Докучаева. Разработанное им учение о почве как самостоятельном природном образовании и установленные генетические типы почв явились тем отправными началами лесоведения и лесоводства, которые в значительной мере определили дальнейшее развитие работ по изучению взаимосвязей между лесом и почвой.

Крупнейший лесовод нашей страны Г. Ф. Морозов так характеризовал значение учения В. В. Докучаева для лесоводства: «В моей жизни это учение сыграло решающую роль и внесло в мою деятельность такую радость, такой свет и дало такое нравственное удовлетворение, что я не представлял себе свою жизнь без основ Докучаевской школы и воззрений

ее на природу. Природа сомкнулась для меня в единое целое, которое познать можно, только стоя на исследованиях тех факторов, взаимодействие которых и дает этот великий синтез окружающей нас природы».

Установление связи между лесной растительностью и почвами проходило красной нитью во всех работах Г. Ф. Морозова по изучению лесов России и нашло наиболее полное обобщение в выдающейся книге этого автора — «Учение о лесе».

В СССР развитие идей В. В. Докучаева применительно к лесным почвам непрерывно развивается и совершенствуется в соответствии с задачами, стоящими перед плановым социалистическим хозяйством.

В прошлом, наряду с В. В. Докучаевым и Г. Ф. Морозовым, в изучении взаимодействий между лесом и почвой многое сделали К. К. Гедройц, П. С. Коссович, С. И. Коржинский, В. В. Полюнов и др. Но особое место занимают исследования В. И. Вернадского и В. Р. Вильямса, показавших ведущее значение живого вещества в образовании почв вообще и лесных в частности, а также роли в их развитии биологического круговорота веществ.

В последнее десятилетие это направление получило дальнейшее совершенствование в трудах академика В. И. Сукачева, в развитом им биогеоценоотическом, или комплексном, изучении природы леса.

В этом комплексе учению о почве уделяется особое внимание, так как оно позволяет выявлять и изучать ведущую и многогранную роль биологических процессов в почвообразовании, а также познавать многообразность стадий развития почв, обусловленных этими процессами.

В прошлом вопросы взаимосвязи между лесом и почвой изучались лишь отдельными учеными. С установлением в России советской власти такое изучение осуществляется планомерно, опираясь на все увеличивающуюся сеть лесных высших учебных заведений, где имеются кафедры лесного почвоведения, а в научно-исследовательских лесных институтах и на опытных лесных станциях — секторы и лаборатории лесного почвоведения.

Большое место занимает изучение лесных почв в Институте леса Академии Наук СССР. Занимается их изучением и Почвен-

ный институт АН СССР. В филиалах Академии Наук СССР, во многих академиях наук союзных республик также организованы лаборатории лесного почвоведения, в задачи которых входит изучение многообразных воздействий леса на почвы и почв на лесные насаждения.

Особенно широкое развитие эти работы получили в связи с осуществлением мероприятий по борьбе с засухой в лесостепных и степных областях и освоением целинных и залежных земель.

В настоящее время вопросы взаимоотношений между лесом и почвами, в широком их понимании, разрабатываются большой группой почвоведов, лесоводов и других специалистов и сконцентрированы на решении следующих основных проблем:

- 1) повышение производительности лесных почв;
- 2) создание защитных лесных насаждений на почвах степной и полупустынной зон.

Исследования по этим проблемам направлены на обеспечение все возрастающих потребностей народного хозяйства в древесине и на создание искусственных лесных насаждений в целях борьбы с засухой и повышения урожайности сельскохозяйственных культур.

В изучении лесных почв в СССР отражается характерная и традиционная для русской науки ее тесная связь с запросами народного хозяйства.

ОСОБЕННОСТИ ЛЕСНЫХ ПОЧВ СССР

Почвенный покров территорий, покрытых лесами и предназначенных для создания лесных насаждений защитного назначения, имеет важные особенности, отличающие его от лесных почв других стран, что способствует развитию изучения взаимодействий между лесом и почвами в более широком плане.

К таким особенностям следует отнести, во-первых, огромную площадь и большое разнообразие лесных почв, что находится в соответствии с разнообразным воздействием отдельных древесных пород и образуемых ими типов леса в различных климатических и почвенных условиях на территории СССР.

В СССР имеется неограниченная возможность сравнительного изучения лесных почв в широтных зонах — от лесотундровой

и до субтропической, в условиях разнообразной вертикальной и меридиональной зональности, где характер развития почв и влияние на них биологических воздействий весьма многообразны.

Вторая особенность — наличие на территории СССР больших площадей, занятых разнообразными по составу, возрасту и способам создания искусственными лесными насаждениями в различных почвенно-климатических условиях — от лесостепной до пустынной зон. Изучение взаимодействий и взаимовлияний между лесными насаждениями и почвами в этих условиях, продолжающееся более 100 лет, позволило вскрыть новые стороны влияния лесной растительности.

Третья важная особенность — широкое развитие лесокультурных работ, требующих изучения лесорастительных свойств самых разнообразных почв, не находившихся под влиянием лесной растительности и в недалеком прошлом считавшихся непригодными для культивирования на них лесных насаждений.

Лес мы понимаем как сложное и весьма динамическое биологическое и в то же время географическое образование. Его развитие определяется взаимодействием между основными компонентами, образующими лес, а именно: растительностью с ведущим значением древесного полога, бактериями и грибами, насекомыми и другими животными, почвами и горными породами и климатическими условиями.

Лес в нашем понимании представляет совокупность взаимосвязанных и взаимодействующих биогеоценозов.

Лесной биогеоценоз характеризуется сложным взаимодействием всех его компонентов. Выражением такого взаимодействия является прежде всего различное состояние древостоев на отдельных участках территории, выделяемых в типы леса.

Такое состояние в конечном счете обуславливается процессами постоянного обмена веществ и энергии благодаря существующему единству между биологическими образованиями и средой развития леса.

При таком подходе к познанию природных законов развития леса изучение почв, являющихся источником питания растений и животных, а также результирующих в себе влияния

других компонентов биогеоценозов, приобрело особо важное значение. Поэтому изучению почвообразовательного процесса под пологом леса уделяется большое внимание в нашей стране.

Из сказанного вытекает, что биогеоценотический подход к изучению взаимодействий между лесной растительностью и почвами предусматривает изучение свойств и развития почв в неразрывной связи с развитием растительности, микроорганизмов, насекомых и животных, с изменением фитоклиматических условий и т. д.

ИЗУЧЕНИЕ КРУГОВОРОТА ОРГАНИЧЕСКИХ И ЗОЛЬНЫХ ВЕЩЕСТВ

В СССР большое внимание уделяется изучению общих запасов органического вещества и зольного состава лесной растительности в связи с почвенными условиями. Для этого советскими учеными разработаны методы количественного учета обмена зольными веществами и азотом в типах леса и типах насаждений. Основу этих методов составляет изучение зольного состава отдельных частей и суммарного состава зольных элементов древесных и кустарниковых пород, травяного покрова, насекомых и животных в связи с составом почв.

Изучение зольного состава листьев и хвои древесных и кустарниковых пород, произрастающих в СССР, позволило выявить изменения его, обусловленные свойствами и составом почв. Установлено, что почвенные условия существенно влияют на накопление золы и на соотношение в ней зольных элементов в листьях и хвое одних и тех же пород. Это подтверждается некоторыми данными, приведенными в табл. 1.

Дуб (*Quercus robur* L.) на солонцах накапливает наименьшие количества зольных элементов, чем определяется преобладание подкисленных органических веществ опада на поверхности солонцов. На первых стадиях эволюции солонцов под пологом леса это способствует их оподзоливанию, в дальнейшем сменяемому процессом накопления органических и зольных веществ, приводящим к образованию вторичных темносерых лесных почв или черноземов. Существенны различия и в составе золы хвои сосны в разных условиях произрастания.

Таблица 1

Состав золы листьев дуба и хвои сосны на различных почвах

Растительность и почва	Зольность, %	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅
Листья дуба (<i>Quercus robur</i> L.) на темносерых почвах	8,77	27,76	1,19	6,68	0,83	36,68	6,47	1,27
То же, на солонцах	6,11	34,30	1,06	8,88	2,10	30,24	14,14	1,00
Хвоя сосны (<i>Pinus silvestris</i> L.) на подзолистых песчаных поч- вах	2,43	8,60	7,40	1,00	3,60	26,60	7,10	—
То же, на песках полупусты- нной зоны	2,89	17,30	14,88	1,73	21,11	6,92	0,69	—

Подобными исследованиями выявлены наиболее почвоулучшающие древесные и кустарниковые породы. Среди них по этому значению в зоне хвойных лесов на первом месте стоят березы (*Betula verrucosa* Ehrh. и *B. pubescens* Ehrh.) и лиственницы (*Larix sibirica* Ldb., *L. dahurica* Turcz.), а в лесостепных и степных областях дуб (*Quercus robur* L.), который признан здесь главной породой.

В последнее десятилетие изучению корневых систем в СССР уделяют внимание и геоботаники, и лесоводы, и почвоведы. Такое изучение особенно важно для тех районов, где выращивание лесных насаждений сталкивается с недостатком влаги.

В этих условиях борьба за влагу между отдельными древесными породами проявляется особенно сильно. Поэтому, подбирая породы для смешанных насаждений, необходимо учитывать развитие в почве корневых систем на различных глубинах, чтобы свести к минимуму конкуренцию за влагу.

В настоящее время в СССР накоплено немало данных по общему количеству корней, их распределению на различных глубинах и зольному составу многих древесных и кустарниковых пород как в чистых, так и в смешанных насаждениях, на различных почвах и при разных условиях увлажнения.

Все эти данные позволяют подойти к теоретическому обоснованию типов смещения древесных пород при создании насаждений различного назначения.

Одновременно выявлены новые стороны почвообразовательного и почвоулучшающего значения деятельной части корней (диаметром меньше 0,5 мм).

Так называемый «корнепад» плодовых культур нашел подтверждение в лесах и лесных насаждениях. Он выражается в том, что у древесных пород ежегодно отмирает большое количество корней диаметром менее 0,5 мм, играющих значительную роль в обогащении почв органическими и зольными элементами.

Достаточно указать, что под ельниками в возрасте 28 лет на черноземах, в слое мощностью 1,6 м, обнаружено 5,5 т/га живых и 7,2 т/га отмерших корней, а также 7,6 т/га мицелия грибов.

Наконец, корни имеют и еще одно, не менее важное почвообразовательное значение: помимо растворяющего действия корней на минеральную часть почв, установлено выделение из них воднорастворимых органических веществ, в котором значительное участие принимают микроорганизмы и грибы-микоризообразователи. Наибольшее количество таких выделений установлено в насаждении из ели (*Picea excelsa* Link.) и наименьшее — из дуба (*Quercus robur* L.) на черноземах.

Роль микроорганизмов, животных и насекомых в почвообразовании и изменении почв под пологом леса и лесных насаждений огромна. Деятельность их неотделима от процессов разложения органического опада и его превращения в гумус почв. Поэтому изучению их деятельности в количественном и качественном выражении уделяется все возрастающее внимание.

Их деятельность изучается в трех направлениях: механическое воздействие на подстилку и почвы, концентрация в их остатках органических и зольных веществ и выделение конечного продукта их жизнедеятельности — угольной кислоты. Многочисленными исследованиями наших ученых установлена наибольшая деятельность этих биологических образований в лесостепной зоне и затухающая в лесной под воздействием избыточного увлажнения, а в степной и полупустынной — от недостатка влаги в почвах, особенно в засушливые периоды.

Изучение «дыхания» лесных почв и динамики состава почвенного воздуха в них также является одной из многогранных сторон биогеоценотического познания почвообразования под пологом леса. Выявлено значительное «стекание» в нижние горизонты почв CO_2 , способствующее растворению питательных веществ и карбонатов кальция. Оно происходит в соответствии с различиями почв, составом произрастающих на них древесных пород, их возрастом, интенсивностью разложения подстилки, условиями увлажнения и другими причинами.

В условиях избыточного увлажнения — при заболачивании почв — особое значение приобретает кислородный режим в почвах и грунтовых водах. При недостатке кислорода резко снижается производительность древостоев, особенно еловых. На основе полученных данных разработаны простейшие лесомелиоративные приемы, направленные на лучшее «проветривание» почв, в которых приемы механической обработки почв занимают ведущее место.

В качестве примера, характеризующего изучение круговорота органических и зольных веществ между лесной растительностью и почвами, ниже приводятся результативные данные по двум типам леса в разных возрастах (табл. 2).

Зная зольный состав отдельных частей растений, можно определить количество отчуждаемых растительностью зольных элементов и вновь возвращаемых в почву с опадом, корнями и другими частями. Так, в ельнике-кисличнике (*Piceetum oxalidosum*) за столетний период общая продукция органического вещества исчисляется в 1050 т/га; из нее 250 т/га отчуждается с этой площади в виде древесины; следовательно, около 800 т/га остается в лесу и воздействует на почвы.

В дубовых лесах в возрасте 200 лет отчуждается 400 т/га и остается 650 т/га.

В ельнике-кисличнике за столетний период в почве перераспределяется около 28 т/га зольных веществ и вновь поступает около 520 т/га органического вещества; в дубраве снытевой за 200 лет соответственные данные составляют около 62,3 и 588 т/га.

Подобным изучением установлено качественно и количественно различное воздействие на почвы отдельных древесных

Таблица 2

Накопление живого органического вещества в древостоях еловых и дубовых лесов различного возраста (в т/га абсолютно сухой массы)

(по К. М. Смирновой, 1951, и В. Н. Мина, 1954)

Тип леса	Возраст древ. стоя, лет	Хвоя или листьев			Травяная масса	Древесная масса			Корни	Общее количество массы живого органического вещества в древесной массе и корнях
		деревьев	подроста и под-леска	всего		деревьев	подроста и под-леска	всего		
Ельник-кислич-ник (Piceetum oxalidosum)	24	3,01	1,25	4,26	—	69,10	7,70	76,80	20,20	97,00
	38	9,60	—	9,60	—	113,10	—	113,10	38,10	151,20
	60	11,10	—	11,10	—	195,60	—	195,60	64,70	260,30
	93	10,00	—	10,00	1,00	249,50	—	249,50	65,40	314,90
Дубрава снытевая (Quercetum aegopodiosum)	22	2,07	0,96	3,03	0,24	53,63	4,60	58,23	28,66	86,89
	42	3,24	0,28	3,52	0,31	136,15	0,95	137,10	29,03	166,13
	56	3,78	0,32	4,10	0,42	188,43	0,94	189,37	38,28	227,65
	200	3,19	0,57	3,76	0,24	400,12	2,97	403,09	42,65	445,74

пород и типов леса, образуемых ими. Эти воздействия протекают весьма различно в разных климатических условиях произрастания лесов.

Поэтому советским почвоведом пришлось отказаться от ранее развивавшихся представлений о том, что лесная растительность во всех условиях способствует оподзоливанию почв.

В лесной зоне, под пологом хвойных и хвойно-широколиственных лесов, выщелачивание и оподзоливание почв протекает тем интенсивней, чем беднее состав лесной растительности. Поэтому одним из основных практических мероприятий является обогащение лесов почвоулучшающими древесными породами и кустарниками.

В лесостепной зоне, под пологом широколиственных пород, явления выщелачивания зольных элементов из почв ослабевают. Здесь, наряду с выносом некоторой части их, происходит

значительная аккумуляция зольных и органических веществ. В конечном счете это приводит не к ухудшению, а к улучшению лесорастительных свойств почв не только под широколиственными лесами, но и под искусственными насаждениями ели, лиственницы и других пород.

В степной и полупустынной зонах лесные насаждения накапливают под своим пологом значительные количества влаги зимних осадков. Это способствует выщелачиванию из почв воднорастворимых солей и перераспределению углекислых солей кальция.

Ежегодное поступление с опадом на поверхность почв значительных количеств органического вещества, насыщенного кальцием, вместе с развитием корневых систем в почвах способствует улучшению их физических свойств — структуры, водопроницаемости и пр.

В этом улучшении большое значение приобретает состав древесных пород в естественных лесах и в лесных культурах.

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ЛЕСНЫХ ПОЧВ

Особое место среди вопросов, разрабатываемых лесным почвоведением, занимает изучение водного режима лесных почв и почв, предназначенных под создание лесных защитных насаждений.

Помимо установления количественных и качественных сторон выщелачивания почв при различных условиях увлажнения, водный режим почв изучается в целях повышения производительности древостоев, а также обеспечения лесных насаждений влагой при недостаточном увлажнении.

Одновременно большое внимание уделяется и изучению таких теоретических вопросов, как передвижение различных форм влаги, испарение и конденсация влаги в почвах разных климатических зон.

Со времени работ, проведенных в этом направлении Г. Н. Висоцким, в СССР преобладает балансовый метод изучения влагооборота в почвах, основанный на учете всех «статей» прихода и расхода влаги. Кроме того, продолжается и расширяется изучение глубокопочвенной влаги, охватывающее толщину почв, измеряемую 8—20 м.

Таблица 3

Водный баланс почв под лесной растительностью в различных зонах за вегетационный период (в мм водного слоя)

(по данным И. С. Васильева, С. В. Зонна и Н. А. Качинского)

Тип леса	Запас влаги в начале периода	Приход влаги за вегетационный период	Суммарный расход влаги	Запас влаги в конце периода	Мертвый запас влаги
Сфагново-черничный ельник (<i>Piceetum sphagnoso-myrtillusum</i>) на торфянистом подзоле (слой 0—85 см)	353,2	256,8	267,4	343,9	—
Сложный ельник (<i>Piceeta composita</i>) на дерново-подзолистой почве (0—85 см)	307,9	333,5	385,4	283,0	—
Дубрава ясеневая со снытью (<i>Fraxinetum-querquetum aegorodiosum</i>), 200 лет, на темносерой почве (0—100 см)	432,0	82,5	214,8	299,7	161,4
Лесная полоса, 47 лет, на черноземе (0—100 см)	331,5	122,8	253,5	200,7	187,7
Лесной массив (15—16 лет) на черноземе (0—100 см)	370,7	104,4	276,5	198,6	189,2
Посев однолетнего дуба (<i>Quercus robur</i> L.) на светлорусской почве	225,3	—	101,6	123,6	126,7

Исследованиями многих советских ученых в последнее десятилетие установлены основные закономерности накопления и расхода влаги лесами и лесными насаждениями в различных почвенно-климатических условиях. Некоторые результаты такого изучения представлены в табл. 3 (за вегетационный период).

Они показывают, что лишь в лесной и лесостепной зонах лесная растительность обеспечивается запасами почвенной влаги.

В степной и полупустынной зонах влагообеспеченность насаждений резко снижается, особенно в засушливые годы. Наиболее резкий недостаток во влаге с первых лет жизни испытывают лесные культуры на светлокаштановых почвах в полупустыне. Поэтому исследовательская мысль направлена на решение вопроса об увеличении запасов влаги в подобных почвах.

Последнее достигается различными способами и приемами, среди которых особенно эффективное значение приобретает дифференцированная по почвенным условиям подготовка почв к посеву и посадке лесных культур. Глубокая плантажная вспашка является одним из первых приемов, позволяющим после одного года парования пашины накопить в зоне светлокаштановых почв дополнительно до 30—40 мм влаги. Искусственное снегозадержание увеличивает запасы влаги в тех же условиях на 200—250 мм, чем обеспечивается развитие растений в первые годы.

Однако в таких условиях возможно создание только полосных насаждений, обеспечивающих дополнительное накопление снеговой воды как в самых полосах, так и на прилежащих к ним полях.

В дальнейшем увеличение срока жизни насаждений достигается рубками ухода, направленными на разреживание древесного полога до пределов, при которых не происходит внедрения травяной растительности в насаждения. Борьба с нею — необходимое условие успешного выращивания лесных насаждений в степи.

ПОЧВЕННОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ЛЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ

Защитное лесоразведение и особенно создание полезащитных лесных насаждений, широко проводящееся в засушливых зонах СССР с 1948 г., основывается на всестороннем изучении лесорастительных условий.

Созданию насаждений предшествуют проектные работы, осуществляемые специальной проектной организацией «Агро-лесопроект».

В течение трех лет этой организацией в содружестве с научными учреждениями изучены лесорастительные условия и разработана группировка почв по их пригодности для создания лесных насаждений.

В основу такой группировки положены потребности древесных и кустарниковых пород во влаге и в элементах зольного питания, а также их отношение к засоленности, солонцеватости и другим свойствам почв. По этим показателям все почвы делятся на четыре группы:

- 1) лесопригодные без предварительных мелиораций;
- 2) лесопригодные, но требующие дополнительного влагонакопления;
- 3) лесопригодные с простейшими предварительными мелиорациями:
- 4) лесонепригодные, требующие коренных мелиораций.

Изучение лесорастительных свойств почв и составление почвенно-лесомелиоративных карт проведено на площади свыше 15 млн. га.

Для каждой группы почв, в соответствии с их местными особенностями, разрабатывается система агротехнических и лесомелиоративных мероприятий, включающая обработку почв и подготовку ее к посадке, подбор пород, типы смешения и меры ухода.

Одновременно с проведением обширных территориальных почвенно-лесомелиоративных исследований, в наиболее типичных условиях создаются опытные насаждения на специально организуемых стационарах. В их задачи входит всестороннее изучение взаимодействий лесных насаждений с почвами и другими условиями среды их развития. Конечная цель — усовершенствование существующих и разработка новых способов и приемов выращивания лесных насаждений в наиболее тяжелых лесорастительных условиях.

* * *

Освещенный лишь в самых общих чертах биогеоценотический подход к изучению природных процессов и явлений, характе-

ризующей многогранность взаимодействий между лесной растительностью и почвами и основанный на комплексном и стационарном изучении их, позволил выявить основные закономерности этих взаимодействий и взаимовлияний. Они нашли широкое практическое применение при инвентаризации лесных богатств и установлении типов леса как основы ведения лесного хозяйства, направленного на повышение производительности лесов, и особенно при создании защитных лесных насаждений на больших площадях в безлесных районах.

Таким образом, изучение взаимодействий между лесной растительностью и почвами позволило не только углубить наши знания о природе этих взаимодействий, но и решать важные в народнохозяйственном отношении вопросы.

*Институт леса
Академии Наук СССР
Москва*

INVESTIGATION ON INTERACTIONS BETWEEN FOREST AND SOIL IN THE USSR

The problems of soil science are of great importance among those studied by Soviet science. Soils are a source of tremendous and perpetual wealth in any country and are an inexhaustible source for providing mankind with food and diverse raw materials.

Connected with soils, as one of the most important environmental conditions of plant cultivation, are productivity of forests and the possibility of forest cultivation in woodless regions lying in extensive tracts within the territory of the USSR.

These are the two directions in which basic scientific-research work on forestry and in the sphere of soil science are being carried out.

A scientifically grounded understanding of interdependence between forest and soil is indissolubly connected with the name of V. V. Dokuchayev, the founder of the Russian school of soil science. The elaboration of the study of soil as an independent natural formation and the establishment of genetic soil types were those starting points in forest science and cultivation which, to a considerable extent, determined further developments in studying the interdependence between forest and soil.

G. F. Morozov, the most outstanding forester in our country, gave the following characteristic of the importance of Dokuchayev's teachings on forestry: "In my life these teachings played a decisive part and filled my activity with such gladness and light, gave me such moral satisfaction that I could not imagine my life without the foundations of Dokuchayev's school and its ideas about nature. Nature has integrated for me into

a single unit, which can be perceived only on the basis of those factors whose interaction gives this great synthesis of nature surrounding us."

Establishment of the connection between forest vegetation and soils underlies all of G. F. Morozov's works on the study of Russian forests and found its fullest generalization in his outstanding book "Studies on Forest."

In the USSR Dokuchayev's ideas in application to forest soils are being continuously developed and improved in conformity with the tasks of planned Socialist economy.

In the past, together with V. V. Dokuchayev and G. F. Morozov, much work was done by K. K. Guedroitz, P. S. Kossovich, S. I. Korzhinsky, B. B. Polhynov and others who studied interactions between forest and soil. A special place is, however, occupied by V. I. Vernadsky's and V. R. Williams' investigations that showed the great importance of living matter in formation of soils, in general, and forest soils, in particular, and revealed the part played by biological matter rotation in their development.

Within the last decade these investigations have been further improved by Academician V. N. Sukachev in his works where he developed biogeocenotic or complex investigations of the nature of a forest.

In his teachings he paid special attention to soils because they have a definite bearing on the study of the leading and many-sided role of biological processes in soil formation and facilitate the understanding of diverse stages in the development of soils conditioned by these processes.

In the past the problems of interdependence between forest and soil were studied only by individual scientists. With the establishment of Soviet power in Russia this study has been carried on according to plan and based on a growing network of forest higher schools at which there are chairs of forest soil science, and on scientific-research forest institutes and experimental forest stations, where there are sections and laboratories on forest soil science.

Important are the investigations on forest soil by The Institute of Forests of the Academy of Sciences of the USSR. They

are also studied by the Soil Institute of the Academy of Sciences of the USSR. At the branches of the Academy of Sciences and at many academies in the Union Republics there have been organized laboratories on forest soil science to investigate the diverse forest influences on soils and those of soils on forest plantations.

These works have become especially widely developed in connection with the realization of measures in the struggle against droughts in forest-steppe and steppe regions and in the development of virgin and uncultivated lands.

At present the interrelations between forest and soils, in a broad sense, are being studied by a great number of pedologists, foresters and other specialists, the investigations being concentrated on solving the following problems:

- 1) increase of productivity of forest soils;
- 2) creation of shelter forest plantations on the soils of steppe and semi-desert zones.

Investigations on these problems are directed toward meeting the growing requirements of the national economy in timber, and at creating artificial forest plantations with the purpose of struggling against droughts and increasing the crop capacity of agricultural plants.

Investigations of forest soils in the USSR reflect the characteristics and traditions of Russian science — its close connection with the requirements of the national economy.

PECULIARITIES OF FOREST SOILS IN THE USSR

The soil cover of the forest areas and territories planned for creation of forest shelter plantations has important peculiarities distinguishing it from the forest soils of other countries. It contributes to a wider development of investigation of the interactions between forest and soils.

These peculiarities include first of all the enormous area and large variety of forest soils, a fact which is in conformity with the diverse influence of individual tree species and forest types they form, in different climatic and soil conditions in the territory of the USSR.

In the USSR limitless possibilities exist for comparative investigation of forest soils in latitude zones — from the forest-tundra to the subtropics, in conditions of diverse vertical and meridional zones where the character of development of soils and biological influence on them are multiform.

The second peculiarity is availability in the territory of the USSR of enormous areas, occupied by forest plantations varying according to composition, age and methods, which have been artificially created in different soil-climatic conditions — from the forest-steppe to desert zone. Investigation of interactions and mutual influences between forest plantations and soils in these conditions carried out for more than a hundred years, made it possible to reveal new aspects of the influence of forest vegetation.

The third important peculiarity is the wide development of forest-cultural works requiring investigation of forest growing properties of very diverse soils which had not been influenced by forest vegetations and which in the recent past have been considered to be useless for cultivation of forest plantations.

We understand the term forest as a complex and very dynamic biological and at the same time geographical formation. Its development is determined by interaction between the principal components forming a forest, namely, vegetation — of which the most important are tree crowns, germs and fungi, insects and animals, soil and rocks, and by climatic conditions.

Forest, in our understanding, is an aggregate of interdependent and interacting biogeocenoses.

Forest biogeocenosis is characterized by a complex interaction between all its components. This interaction is expressed first of all by a different state of the stands within different areas of a territory distinguished as forest types.

This state is finally conditioned by the processes of permanent metabolism and energy due to the unity existing between biological formations and the surroundings in which the forest develops.

With such an approach to perceiving the natural laws of forest development, special importance is attached to the investigation of soils as a source of plant and animal alimentation. These laws reflect variations of other components of biogeocenoses.

noes. Therefore a study of the soil-forming process under the crown of a forest is particularly stressed in our country.

From the above it follows that a biogeocenotic approach to investigation of interactions between forest vegetation and soils provides for an investigation of properties and development of soils carried on in indissoluble connection with the development of vegetation, microorganisms, insects, animals, with changes in phytoclimatic conditions, and so on.

INVESTIGATION OF ROTATION OF ORGANIC AND ASH MATTERS

In the USSR much attention is paid to the investigation of the total stocks of organic matter and ash composition of forest vegetation carried on in connection with the soil conditions. For this purpose Soviet scientists have elaborated methods of quantitative accounting of the exchange of ash matters and nitrogen within forest and plantation types. They are based on an investigation of the ash composition of individual parts and summary composition of ash elements of tree and shrub vegetation, grass cover, insects and animals in connection with the composition of soils.

Investigation of the ash composition of leaves and needles of tree and shrub species, growing in the USSR, showed its variations, conditioned by the properties and composition of the soils. It has been established that soil conditions substantially influence accumulation of ashes and correlation in them between ash elements of the leaves and needles of the same species. It is confirmed by several data shown in Table I.

Oak (*Quercus robur* L.) on saline soils accumulates the least quantities of ash elements, which determines the preponderance of organic matter containing some acid falling to the surface. In the first stages of evolution of the saline soils under the crown of a forest, the preponderance of organic matter promotes their transformation into podzol which changes further by the process of accumulation of organic and ash matters, resulting in the formation of secondary dark grey forest soils on black earths. Substantial also are the differences in the composition of the ashes of pine needles under different growing conditions.

Table 1

Composition of ashes of oak-tree leaves and pine-tree needles
on different soils

Leaves, needles and soil	Ashes (in %)	SiO ₂	F ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO ₂	CaO	MgO	P ₂ O ₅
Oak leaves (<i>Quercus robur</i> L.) on dark grey soils	8.77	27.76	1.19	6.08	0.83	36.68	6.44	1.27
The same on saline soils	6.11	34.30	1.06	8.88	2.10	30.24	14.14	1.00
Pine-tree needles (<i>Pinus syl-</i> <i>vestris</i> L.) on podzol and sandy soils	2.43	8.60	7.40	1.00	3.60	26.60	7.10	—
The same on the sands of the semi-desert zone	2.89	17.30	14.88		1.73	21.11	6.92	0.69

With the help of similar investigations the best soil improving tree and shrub species have been revealed. First among them are birch (*Betula verrucosa* Ehrh. and *Betula pubescens* Ehrh.) and larch (*Larix sibirica* Ldb. and *Larix dahurica* Turcz.) in the zone of coniferous forests and to oak (*Quercus robur* L.) recognized to be a principal species in forest-steppe and steppe regions.

Investigation of root systems received special attention from geobotanists, foresters and pedologists in the USSR in the last decades. Such investigation is of special importance for the regions where cultivation of forest plantations takes place in conditions of moisture deficiency.

In these conditions struggle for moisture between individual tree species manifests itself to a great extent. Therefore selection of species for mixed plantations should take into account development in the soil of root systems in different depths to minimize competition for moisture.

At present in the USSR much data has been accumulated of the total quantity of roots, their distribution in different depths and of ash composition of many tree and shrub species both in pure and mixed plantations on different soils and under different damping conditions.

All these data permit an approach to a theoretical grounding of types in mixing tree species on creating plantations of different appointment. At the same time there have been revealed new aspects of the importance of soil formation and soil improvement of the active part of the roots (to a diameter less than 0.5 mm).

The so-called "rootdeath" of fruit cultures found its confirmation in forests and forest plantations. It is expressed by the fact that tree species annually lose a great quantity of roots to a diameter of less than 0.5 mm dead, possessing considerable importance in the enrichment of soils with organic and ash elements.

Suffice it to indicate that under young fir-trees at the age of 28 on black earths within a layer 1.6 m. thick 5.5 ton/hectare of living and 7.2 ton/hectare of dead roots have been found as well as 7.6 ton/hectare of fungus mycelium.

Finally the same roots are of another not less important soil forming significance. Besides a soluble effect of the roots on the mineral part of the soils, it has been found that secretion of matters soluble in water take place with sufficiently active participation of microorganisms and fungi-mycoriz breeders. The largest quantity of such secretions has been established in spruce plantations and the least in oak plantations on black earths.

The role played by microorganisms, animals and insects in soil formation and change of the soil under the crown of a forest and forest plantations is enormous. Their activity is inseparable from the process of decomposition of the organic fall-off in its transformation into soil humus. Therefore investigation of their activity in quantitative and qualitative expression is receiving ever greater attention.

Their activity is studied in three directions: mechanical influence on the litter and soils, concentration of organic and ash matters in their remains and secretion of the final product of their activity — carbonic acid. Numerous investigations carried out by our scientists have shown that the largest activity of these biological formations is in the forest-steppe zone and the extinguishing one in forest zone because of excessive damping, and in the steppe and semi-desert zones because of deficiency of moisture in the soils, especially in drying periods.

Investigation of "respiration" of forest soils and the dynamics of the composition of the soil air in them is also one of the multifold aspects of biogeocenotic perception of the soil formation under the crown of a forest. It has been revealed that CO_2 "flows" in considerable quantities into the lower horizons of soils causing a solution of nutriments and calcium carbonates. This "flowing" takes place differently in different soils, and in conformity with the tree species growing on them, the age of the species, intensity of litter decomposition, damping conditions and other factors.

In conditions of superfluous damping — with water logging of soils — special importance is acquired by an oxygen regime in soils and subsoil waters. With oxygen deficiency productivity of the stands sharply falls, especially those of spruce. On the basis of the data obtained, elementary forest melioration methods have been elaborated to improve "ventilation" of soils. Means of mechanical cultivation of soils are foremost in these methods.

As an example of investigations of rotation of organic and ash matter between forest vegetation and soils, the following resulting data are shown which refer to two forest types of different age in Table 2.

Knowing the ash composition of individual parts of plants, it is possible to determine the quantity of the ash elements alienated by vegetation and again returned into the soil on falling, with roots and other parts. For example, in a shamrock green spruce forest (*Piceeta oxalidosa*) the total productivity of organic matter for a hundred-year-period is calculated to be 1,050 ton/hectare, 250 ton/hectare of it being alienated from this area in the form of timber. Consequently about 800 ton/hectare remain in the forest and influence the soils.

In oakeries at the age of 200 years 400 ton/hectare are alienated and 650 ton/hectare remain.

In the shamrock spruce forest for a hundred-year-period about 28 ton/hectare of ash matters have been redistributed in the soil and about 520 ton/hectare of organic matter accumulated. In the goutweed oakery for 200 years the corresponding figures are 62.3 and about 588 ton/hectare respectively.

Such investigations have established different qualitative

and quantitative influences on soils on the part of individual tree species and forest types formed by them. These influences are very different in different climatic conditions in which forests grow.

Table 2

Accumulation of living organic matter in the stands of spruce and oak forests of different age (ton/hectare of absolutely dry mass)

(According to K. M. Smirnova, 1951, and V. N. Minne, 1954)

Forest type	Age of the stands, years	Needles and leaves			grass mass	Arboreous mass			Roots	Total quantity of mass of living organic matter in arboreous mass and roots
		trees	undergrowth and underwood	total		trees	undergrowth and underwood	total		
Shamrock spruce forest (<i>Piceetum oxalidosum</i>)	24	3.01	1.25	4.26	—	69.10	7.70	76.80	20.20	97.00
	38	9.60	—	9.60	—	113.10	—	113.10	38.10	151.20
	60	11.10	—	11.10	—	195.60	—	195.60	64.70	260.30
	93	10.00	—	10.00	1.00	249.50	—	249.50	65.40	314.90
Goutweed oakery (<i>Quercetum aegopodiosum</i>)	22	2.07	0.96	3.03	0.24	53.63	4.60	58.23	28.66	86.89
	42	3.24	0.28	3.52	0.31	136.15	0.95	137.10	29.03	166.13
	56	3.78	0.32	4.10	0.42	188.43	0.94	189.37	38.28	227.65
	200	3.19	0.57	3.76	0.24	400.12	2.97	403.09	42.65	445.74

Therefore Soviet pedologists had to take into consideration previous conceptions according to which forest vegetation under all conditions promotes enrichment of the soils with ashes.

In the forest zone under the crown of coniferous and coniferous-broadleaved forests, lixiviation and enrichment of soils with ashes are more intensive, the composition of the forest vegetation being poorer. Therefore, one of the principal practical measures is enrichment of forests with soil-improving tree species and shrubs.

In the forest-steppe zone under the crown of broad-leaved phenomena of lixiviation of ash elements from the soils

are feeble. Here, together with some part of them carried out, accumulation of considerable quantities of ash and organic matters takes place. Finally, it results not in deterioration but in improvement of forest growing properties of the soils not only under broad-leaved forests but under artificial plantations of spruce, larch and other species as well.

In the steppe and semi-desert zones forest plantations accumulate under their crown considerable quantities of moisture received from winter precipitations. This promotes lixiviation from the soils of salts soluble in water and redistribution of calcium carbonates.

Considerable quantities of organic matter saturated with calcium annually entering the surface with a fall-off contribute as root systems develop in the soils to improvement of their physical properties — structure, permeability to water, etc.

In this improvement great importance is acquired by the composition of tree species in natural forests and in forest areas of different composition.

WATER REGIME OF FOREST SOILS

Among the questions studied by forest soil science special emphasis is placed on the investigation of the water regime of forest soils and of soils reserved for forest shelter plantations.

Besides the establishment of quantitative and qualitative lixiviation of soils under different damping conditions, water regime is studied for the purpose of increasing the productivity of the stands and providing forest plantations with moisture in case of insufficient damping.

At the same time much heed is also paid to studying such theoretical questions as movement of different moisture forms, evaporation and condensation of moisture in the soils in different climatic zones. Ever since G. N. Vysotsky's works on this subject appeared in the USSR there prevailed a balance method of investigation of moisture rotation in soils, based on accounting all the items of moisture debit and credit. In addition this thorough investigation of moisture filling a layer of soil from 8 to 20 m. thick is in process.

Investigations carried out by many Soviet scientists within the last decade have revealed the principal regularities of accumulation and expenditure of moisture by forest and forest plantations in different soil-climatic conditions. Some results of these investigations are given in Table 3 (for the period of vegetation).

These results show that only in the forest and forest-steppe zones forest vegetation is provided with stocks of soil moisture.

Table 3

Water balance of the soils under forest vegetation in different zones for the period of vegetation (in mm of water layer)

According to the data obtained by J. R. Vasilyev, S. V. Zonn and N. A. Kachinsky

Forest type	The stock of moisture at the beginning of the period	Debit of moisture for the period of vegetation	Summary expenditure of moisture	The stock of moisture at the end of the period	Dead stock of moisture
Sphagnus whortleberry spruce forest (Piceetum sphagnoso-myrtillosum) on peaty podzol (layer of 0-85 cm)	353.2	256.8	267.1	343.9	—
Compound spruce forest (Piceeta composita) on sod-podzol soil (0-85 cm)	307.9	333.5	385.4	283.0	—
Ash-tree oakery with goutweed (Fraxineto quercetum aegopodiosum) of 200 years on dark grey soil (0-100 cm.)	432.0	82.5	214.8	299.7	161.4
Forest strip (47 years) on black earth (0-100 cm)	331.5	122.8	253.5	200.7	187.7
Large forest (15-16 years) on black earth (0-100 cm.)	370.7	104.4	276.5	198.6	189.2
Sawing of 1 year-old oak on light chestnut soil (<i>Quercus robur</i> L.) .	225.3	—	101.6	123.6	126.7

In the steppe and semi-desert zone the quantity of moisture sharply falls, especially in drying years. The sharpest moisture deficiency is experienced by forest cultures from the first years of life on light chestnut soils in semi-deserts. Therefore for such conditions investigations are directed at solving the problem of augmentation of moisture stocks in soils.

The latter is achieved by different methods among which especially effective is preparation of the soils to sowing and planting forest cultures, taking into account the soil conditions. Deep ploughing after one year of fallowing is one of the methods to accumulate in the zone of light chestnut soil about 30-40 mm of additional moisture. Artificial snow-retention permits an increase of moisture stocks under the same conditions by 200-250 mm; thereby the development of the plants within the first years is secured.

Under these conditions however it is possible to create only strip plantations which secure additional accumulation of snow water both within the very strips and within the fields bordering upon them.

The future increase in life of plantations is achieved by felling for the purpose of forest maintenance to thin the density of crown to the limits within which there does not take place inculcation of grass vegetation into plantations. Struggle against this vegetation is a necessary condition for successful forest plantations in a steppe.

SOIL SCIENCE BASES FOR CREATION OF SHELTER FOREST PLANTATIONS

Shelter forest cultivation and especially creation of field protecting forest plantations in the arid regions of the USSR has been carried out on a wide scale since 1948. This is based on multifold investigations of forest growing conditions.

Creation of plantations is preceded by projecting works being carried out by a special projecting organization "Agroles-proekt."

Within three years this organization has accomplished, in close cooperation with scientific institutions, investigation of

forest growing conditions and elaborated a method of grouping the soils according to their fitness for creation of forest plantations.

This grouping is based on requirements of tree and shrub species in moisture, in ash elements of alimentation and in relation to their great or small content and other properties. According to these indications all the soils are divided into four groups.

- 1) fit for forests without preliminary meliorations;
- 2) fit for forests but requiring additional moisture accumulation;
- 3) fit for forests with elementary preliminary meliorations;
- 4) unfit for forests requiring radical meliorations.

Investigation of forest growing properties of soils and drawing up of soil-forest-melioration maps have been carried out on an area exceeding 15 million hectares.

For every group of soils a system of agrotechnical and forest melioration measures in conformity with their local peculiarities is elaborated which includes cultivation of the soils, their preparation to planting, selection of species, types of mixing and measures of tending.

Simultaneously with the realization of extensive territorial investigations on soil forest meliorations, experimental plantations are created in the most typical conditions at specially organized stations. Their tasks consist in investigation of interactions between forest plantations and soils and with other environmental conditions. The final aim is improvement of existing and elaboration of new methods of forest plantations under the hardest forest growing conditions.

* * *

Elucidated only in the most general way the biogeocenotic approach to investigation of natural processes and phenomena, which characterize the multifold interactions between forest vegetation and soils and is based on their complex and stationary investigation, has made it possible to reveal the principal regularities of these interactions and mutual influences. These regularities have found a wide practical application on making

inventory of forest resources and establishing the forest types as a basis of conducting forest economy for the augmentation of productivity of the forest and, especially, of creating shelter forest plantations in extensive areas within woodless regions.

Thus investigations of interactions between forest vegetation and soils not only deepened our knowledge of the nature of these interactions, but also permitted us to decide questions of importance for the national economy.

*The Institute of Forests
of the Academy of Sciences of the USSR
Moscow*

А. И. КАЛНИНЬШ

ОПЫТЫ ПО ОБЛЕСЕНИЮ
ДЮННЫХ ПЕСКОВ
В ЛАТВИЙСКОЙ ССР

A. I. KALNINSH

EXPERIMENTS ON AFFORESTATION
OF DUNE SANDS
IN THE LATVIAN SSR

ОПЫТЫ ПО ОБЛЕСЕНИЮ ДЮННЫХ ПЕСКОВ В ЛАТВИЙСКОЙ ССР

Проблема закрепления и облесения сыпучих песков имеет огромное значение и в ряде стран решается на протяжении уже двух-трех столетий. Песчаные дюны расположены на больших территориях вдоль побережья многих европейских стран, Африки, Австралии и Америки. Континентальные пески образуют громадные пустыни в Азии, Африке, Австралии и Америке. Вопрос хозяйственного освоения этих территорий давно привлекал внимание лесоводов-исследователей всего мира. Однако ни в одной другой отрасли лесного хозяйства лесоводственная практика не сталкивалась с такими трудностями, как в вопросах закрепления и облесения сыпучих песков.

Лесохозяйственное освоение песков сохраняет свою актуальность и в Латвийской ССР, где песчаные отложения занимают около 27% всей территории республики. Значительная часть этой площади уже издавна покрыта лесом, под которым образовалась соответствующая почва. Возобновление леса здесь никаких трудностей не представляет. Другая же категория песков — приморские дюны и дюны русел рек — поддается облесению весьма трудно. Опыт латвийских лесоводов в этой области может представлять интерес и для специалистов других стран умеренной климатической зоны, так как приморские дюны Латвии и Литвы (широко известные Куршские дюны) являются весьма характерными.

На полосе морского побережья Латвийской ССР пески появились в связи с отливом воды с площадей, покрытых ранее Анциловым и Литориновым морями. Поднятие морского дна вынесло на поверхность пески, осажженные и отсортированные этими

водохранилищами. Большое количество песка ежедневно приносят в Балтийское море реки республики — Даугава, Гауя, Лиелупе, Вента и др. Часть принесенного песка морские волны выбрасывают на берег, пополняя таким образом пески побережья все новым материалом.

Под покровом почвы по всей республике встречаются пески, осажженные талыми водами ледников, и так называемые зандровые отложения. Как на побережье, так и в удаленных от моря районах в более сухие периоды послеледниковой эпохи пески, в результате деятельности ветра, образовали дюны.

С течением времени латвийские приморские дюны стали подвижными в результате лесных пожаров и вырубок, главным образом во время частых войн в XVII—XIX столетиях. Уничтожение естественной вегетации — соснового леса и папочвенного покрова — привело к передвижению мелкого несвязанного песка в направлении господствующих ветров — в глубь страны. Подвижные дюны начали засыпать плодородную почву, леса, селения, дороги и т. д., передвигаясь со скоростью до 1—3 м в год.

Как известно, переветренный дюнный песок характеризуется преобладанием лишь одной фракции и отсутствием более крупных и мелких частиц. Чем больше песок переветрен, т. е. чем он «старше», тем более в нем доминирует одна определенная фракция, как это особенно хорошо видно на песках дюн Латвийской ССР.

Песок латвийских дюн характеризуется ничтожным содержанием кальция и перегноя, но высоким содержанием кремнезема, так как почти все минералы, за исключением кварца, уже выветрились и их более неустойчивые составные части смыты.

Результаты анализов, сделанных в Институте лесохозяйственных проблем Латвийской ССР, показывают, что песок латвийских дюн (в окрестностях Риги) отличается от материковых меньшим содержанием мелких частиц (табл. 1).

Организованная борьба с дюнами начата в Латвии в 30-х годах прошлого столетия посадкой вдоль побережья Балтийского моря лесозащитной полосы шириной в 300 м и более. Еще до

Таблица 1

Содержание отдельных фракций в песках латвийских дюн
и материковых песках (в %)

Характер песков	1,0—0,25 мм	0,25—0,05 мм	0,05—0,01 мм	0,01—0,005 мм	0,005—0,001 мм	Ниже 0,001 мм
Мангальские дюны Латвийской ССР						
1. Золотистый песок, нанесенный на бывшую лесную почву	6,74	92,76	—	—	—	—
2. Песок из котловины выдувания	62,25	37,35	—	—	—	—
Болдерайские дюны Латвийской ССР						
На глубине 20 см под 60-летним насаждением	5,90	93,59	0,02	0,13	—	—
Куршские дюны Литовской ССР	6,22	93,24	0,02	—	—	—

этого велось облесение странствующих дюн на юге от г. Лиепая. В результате за период с 1835 г. по 1880 г. в Курземских лесничествах площадь необлесенных дюн песков уменьшилась с 7700 до 3900 га. Работы по закреплению и облесению дюн были продолжены после первой и особенно после второй мировой войны, при советской власти. В настоящее время осталась незакрепленной лишь незначительная площадь. Облесение дюн до самого последнего времени было связано с трудностями.

В первоначальных работах по закреплению песков передвижение дюн старались задержать при помощи установки заборов из кольев, которые заплетались хворостом. Но через некоторое время вдоль забора образовывались песчаные валы, а позднее песок засыпал заборы полностью. После этого в практику закрепления песков была введена посадка черенков ив (*Salix purpurea* L.) или трав (*Elymus arenarius* L., *Ammophila arenaria* (L.) Link.); высаживались также береза (*Betula verrucosa*

Ehrh.), ольха черная (*Alnus glutinosa* Gaertn.), тополь (*Populus* sp.) и лох (*Elaeagnus* sp.).

Хорошие результаты были получены при применении сплошного укрытия площади песков сучьями или хворостом. Для закрепления больших площадей, находящихся под угрозой ветра, успешно использовались низкие (30 см) заборчики из тростника или хвороста. Посадка ив (шелюгование) в известной мере оправдалась на свежих песках взморья с близкой грунтовой водой. Наоборот, на удаленных от моря площадях или на сухих дюнах она положительных результатов не дала. Ивы росли слабо и недостаточно задерживали ветер, и для защиты их самих от выдувания ветром приходилось дополнительно закреплять песок, прикрывая его сучьями. Шелюгование оправдалось в местах, где песок наносился при участии человека (например, при искусственном образовании передовой дюны). В этих случаях шелюгование приобретает заметное почвоулучшающее значение.

Не дал результатов и посев различных трав и ржи; посадка же дюнных трав — песколюба (*Ammophila* sp.) и волоснеца (*Elymus* sp.) оправдалась при создании передовой дюны.

Столетняя практика облесения дюн доказала, что посевы древесных пород на дюнных песках удаются лишь в редких случаях; посадка же дает лучшие результаты. Почти единственными древесными породами, приспособленными к этим условиям, оказались сосны, обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) и банксова (*P. Banksiana* Lamb.). Сохраняется также сосна горная (*P. montana* Mill.), но в большинстве случаев насаждения этой породы не смыкаются даже в 30-летнем возрасте. Ель и лиственница быстро погибали, а ольха и береза сохранялись лишь в более пониженных местах. Однолетние саженцы сосны засыхали чаще, чем двухлетние. Этими посадками доказано также огромное значение хорошего посадочного материала для обеспечения высокого процента приживаемости культур.

Необходимо отметить, что приживаемость в отдельные годы была недопустимо низкой и в некоторых случаях культуры погибали полностью. В местах, которые удалось облесить, деревья растут очень медленно, имеют карликовый вид и по высоте они не достигают даже V бонитета.

Установлено, что самые неблагоприятные условия произрастания деревьев на дюнных песках складываются в котловинах выдувания и на площадях дефляции, даже если грунтовая вода не глубоко. В 20-летнем возрасте высота сосны в таких местах не превышает 0,5 м.

Условия произрастания могут быть сгруппированы, начиная с худших, в такой последовательности: а) котловины выдувания, б) наветренные склоны дюн, в) вершины бугров, г) сравнительно ровные места (без выдувания песка), д) подветренные стороны дюн, места с притоком песка.

Нестроту картины усложняют еще глубина грунтовой воды и наличие или отсутствие остатка старых (погребенных) почвенных горизонтов.

Судя по анализам, процент легко обмениваемых калия и фосфора не может характеризовать условия произрастания деревьев на песках дюн. Поскольку хорошо растущие сосны встречаются также в местах с низким содержанием этих веществ, можно считать, что фосфора и калия в песке для обеспечения произрастания сосны достаточно.

Более четким представляется соотношение содержания гумуса в почве с фактическими условиями роста. Прирост деревьев в большинстве случаев идет параллельно повышению процента содержания в почве гумуса, особенно, если он встречается в более глубоких слоях.

Низкий коэффициент увядания (около 0,2) показывает, что в обычных условиях влаги в песке достаточно для роста сосны. С другой стороны, абсолютное количество воды в песке так невелико, что необходима обширная разветвленная система корней, чтобы ее собрать.

В более глубоких слоях песка находятся сравнительно богатые запасы воды, но корни деревьев, по еще не выясненным причинам, туда не углубляются.

При разработке приемов облесения дюнных песков нужно считаться с их свойствами по отношению к режиму воды. Так как большая водопроницаемость помогает «собрать» значительную часть дождевой воды и талого снега, необходимо заботиться об ее удержании на глубине, доступной корням деревьев. Это достигается закладыванием на известной глубине

горизонтально расположенных слоев разного материала, который задерживал бы стекание гравитационной воды в более глубокие слои.

На какой глубине эти «барьеры» расположить? Как показали исследования, высота капиллярного поднятия воды в песках Мангальских дюн — около 30 см, следовательно, находящаяся на этой глубине вода, если учесть изолирующие свойства верхнего слоя сухого песка, испаряется медленно. Учитывая еще тот факт, что корни деревьев не углубляются в песок больше 0,5 м и что важно иметь как можно более толстый «изолирующий слой» (который сам по себе известное время служит хранилищем влаги), нужно заключить, что оптимальная глубина «барьера» должна быть 30—40 см.

Как известно, в свое время при облесении Куршских дюн был широко использован мергель. При облесении песков широко применяли торф и перегнойную почву путем засыпки их при посадке в щель или в посадочную яму или же путем равномерного перемешивания их с верхним слоем почвы. Испытана также примесь к торфу минеральных удобрений.

Добавка торфа в посадочную щель практиковалась и при облесении песков Латвийской ССР. Если под верхним слоем песка не было погребенной лесной почвы, результаты почти везде были приблизительно одинаковы: при использовании этого способа и в окрестностях Риги (Мангали, Буллупе) и на Куршских дюнах, хотя процент приживаемости в какой-то мере и увеличился, прирост деревьев практически не повысился — смыкаются они очень поздно или даже совсем не смыкаются. Прирост в высоту в неблагоприятных условиях скоро прекращается, деревья получаются уродливые, хвоя желтоватая.

Во всех приемах улучшения почвы общим является то, что перегной заделывается довольно мелко. Что это неправильно, вытекает не только из теоретических соображений (высыхание верхнего слоя песка и перегрев летом, изменение его гидрофобных свойств и т. д.), но доказывается и практическими результатами работы.

После того, как в 1950 г. в Институте лесохозяйственных проблем были проделаны анализы корневых систем деревьев и

выяснилось огромное влияние, оказываемое на произрастание сосен занесенными в песок остатками деревьев, коры и горизонтов перегноя, с осени 1951 г. в дюнах Мангали, а затем в Буллупе стали применять новые приемы облесения. Для улучшения условий произрастания деревьев в песке распахивались или вырывались борозды глубиной в 40 см, в которые засыпался слой торфа или опилок толщиной в 5 см или закладывался хворост слоем в 10 см. Затем борозды снова засыпались песком и на них высаживались двухлетние или трехлетние сеянцы сосны. Наряду с этим были заложены еще пробные культуры путем засыпки торфа лопатой на дно ямы размером $30 \times 30 \times 40$ см для каждой сосны отдельно. Между рядами для контроля было посажено такое же количество деревьев обычными приемами (мечом, с засышкой в щель горсти торфа, а также без прибавки перегноя).

Т а б л и ц а 2

Средние данные учета посадок сеянцев сосны летом 1953 г.

	Длина побега текущего года, см	Длина хвоя, см	Количество почек на последнем побеге
Контроль (без удобрения)	0,8	0,8	1,7
Глубоко (до 40 см) перекопанная почва (без удобрения)	1,7	1,5	2,0
Промежуточный пласт хвороста	3,9	2,8	3,1
Промежуточный пласт торфа	6,4	3,8	3,9

Эти опыты (табл. 2) ясно доказывают огромное влияние на произрастание деревьев закопанного на известную глубину хвороста, а особенно торфа. Влияние промежуточного слоя опилок оказалось гораздо меньшим; еще меньшую роль играло глубокое рыхление почвы, если промежуточный слой не вносился. Небольшое положительное влияние в последнем случае можно объяснить тем, что при перекапывании почвы в нее был внесен и напочвенный покров.

Как показывает учет, проведенный в конце лета в насаждениях того же года, влияние промежуточных слоев ясно прояв-

ляется уже в первое лето, особенно в длине хвои, а также и в отношении более значительного количества верхушечных почек. На прирост побега в длину влияние промежуточных слоев в первом году небольшое — оно ясно выражается лишь на второй год.

Нужно отметить, что торф и хворост стимулировали произрастание сосны в том случае, если эти материалы закапывались весной во время посадки; так же эффективен был и свежесрубленный хворост. Через несколько месяцев места, где был зарыт хворост или торф, ясно выделяются темнозеленой дюнной растительностью, а нередко и появлением нитрофильных растений (кипрей, крапива и т. п.).

Промежуточный слой опилок, хотя и уменьшил количество выпадающих деревьев, но прирост в первые два года повышал незначительно. Не увеличили прироста и добавленные к опилкам удобрения (костяная мука, суперфосфат, хлористый калий). Такие удобрения не способствовали росту потому, что они использовались в чистом виде, без добавки органических веществ.

Закопанные промежуточные слои вызвали изменение в распределении влаги почвы. Как и можно было ожидать, наибольший процент влаги, в пределах 40—90%, содержит слой торфа. Это подтверждает предположение, что слой торфа в песке в сухой период может служить для деревьев источником запаса влаги. Интересно отметить, что процент влаги часто бывает значительно большим в песке, находящемся в прослойке хвороста. Объясняется это, вероятно, тем, что промежуточный слой разрушает монолитность массы песка, вызывая задержку гравитационной воды в более рыхлом слое. Подобное предположение следовало бы проверить дальнейшими исследованиями.

Пористость почвы на опытных культурах определена 27 июня. В местах, где почва была подготовлена глубокой вспашкой в апреле того же года, пористость на глубине 15 см равнялась 49,52%. В почве, вскопанной за 20 месяцев до этого, пористость была только 45,95%, а в необработанной почве — 40,00%. Эти колебания не превышают амплитуду пористости обычного песка.

К опытным культурам нужно причислить также черноольховые и тополевые насаждения, заложенные весной 1950 г. Для опытов была выбрана необлесенная полоса дюн длиной в 150 м, пересекающая местность с разнообразным рельефом.

Были посажены следующие породы: *Populus trichocarpa* Torr. et Gray, *P. balsamifera* L., *P. Simonii* Carr., *P. suaveolens* Fisch. и *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.

Летом 1950 г. все тополи и 35% ольхи черной (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) покрылись листвой. Листва была темнозеленая и сочная. В середине лета у ольхи и тополей, которые не были срезаны вровень с землей, кора начала отмирать и облупляться. Начиная с 1951 г., тополь и ольха черная стали отмирать. К лету 1953 г. выжили лишь те отдельные деревья тополя и ольхи черной, которые находились в глубокой и узкой впадине, пересекающей полосу облесения. Опыт показал, что на дюнах очень трудно внедрять листовенные деревья без одновременного улучшения почвы.

О длительном действии прослоек может свидетельствовать положительное влияние погребенных почв и давно запесенных песком деревьев, коры и т. п. В последнее время в литературе указывается, что очень хорошо растут культуры сосны, которые в 1935 г. сажал Г. Н. Высоцкий на Пияжнеднепровских песках, закапывая торф в виде слоя; между тем из посаженных в течение последних ста лет другими методами 17 тыс. га лесных культур более или менее сохранились лишь 3 тыс. га (в пониженных местах и на погребенных почвах).

Есть указания об использовании подобного метода 60 лет назад в Латвийской ССР. Надо полагать, что исследование этих насаждений даст окончательный ответ на этот вопрос. Во всяком случае, уже укрепившиеся деревья легко можно сохранить, применяя целевую подкормку, которую Институт лесохозяйственных проблем практикует для стимулирования плодоношения деревьев.

Подготовка почвы для облесения дюн по описанному методу представляет трудоемкий процесс, поэтому ее нужно механизировать. При облесении небольших площадей борозды можно готовить и заделывать двухконным плугом и специальным приспособлением. Для больших площадей необходимы

гусеничный трактор и лесной плуг. Торф, как и хворост, рекомендуется подвозить по зимней дороге. В приспособленных для этого местах можно использовать самосвалы. Для облесения 1 га необходимо около 30 т торфа или 50—150 складочных кубометров хвороста или древесных материалов, получаемых при прочистках. Вопрос о расстоянии между бороздами пока не решен. Он связан с еще не решенным вопросом густоты лесных культур на песках вообще. Использование удобрений, однако, позволит успешно произрастать на одной и той же площади более значительному количеству деревьев. До окончательного определения можно принять расстояние между бороздами в 1,5 м с промежутком между деревьями в рядах в 1 м. Возможно, что окажется целесообразным почву удобрять в полосах, высаживая тесно один к другому 4—5 рядов сосны и занимая неудобренную площадь между полосами кустарником (облепиха, лох). Такие приемы в пригородных условиях имели бы свои преимущества — лучший декоративный вид, меньшая пожарная опасность, дешевизна.

Полосы следует располагать перпендикулярно направлению господствующих ветров. В местах, где возможно сдувание песка, их следует прикрывать хворостом.

При облесении песков желательно создавать смешанные культуры. Раньше для этой цели чаще всего вместе с сосной высаживали березу, но как почвоулучшатель она имеет небольшое значение.

Вопрос о создании смешанных культур на бедных песчаных почвах значительно продвинулся вперед, когда в культуры сосны начали вводить примесь ольхи черной и серой (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. и *A. incana* (L.) Moench.).

Начатые в 1930 г. опыты показали, что ольха черная способна расти не только в условиях более сухих, чем те, в каких она обыкновенно встречается в природе, но некоторое время даже на сухих и бедных песчаных почвах.

По данным исследований, примесь ольхи черной как вспомогательной породы к сосновым культурам на бедных песчаных почвах сухих верещатников (после глубокой сплошной вспашки их) не только улучшила приживаемость сосновых культур, но повысила также прирост 10—16-летних сосновых насаждений

в среднем на 15—35%. Количественное отношение сосны и ольхи в смешанных культурах 2 : 1, т. е. за каждым двумя рядами сосны следует ряд ольхи.

Опыты с примесью ольхи серой в культурах сосны на бедных песчаных почвах показали, что эта порода в Латвийской ССР на рост сосновых культур оказывает не менее благотворное влияние и, кроме того, имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с ольхой черной: она лучше растет на бедных песках, почти не страдает от поздних весенних заморозков и менее повреждается вредителями.

Приведенные результаты получены в условиях песчаной почвы сухих вересчатников, где, несмотря на ее бедность, имеются все же некоторые, хотя и ничтожные количества органических веществ (гумуса). Опыты посадки ольхи черной на голых дюнных песках, где почвообразовательный процесс еще не начался и не создано самого минимального количества гумуса, удовлетворительных результатов не дают. Сравнительно хороший первоначальный рост ольхи через 3—4 года слабеет, и в дальнейшем начинается ее постепенное отмирание.

В настоящее время, параллельно с сосной, начаты опыты посадки ольхи черной на дюнных песках с предварительным внесением в почву прослойки из органических веществ (торфа).

Некоторые ориентировочные данные позволяют предполагать, что хорошие результаты может дать применение гибридов ольхи черной и серой, которые особенно хорошо приспособляются к труднейшим условиям роста.

Доказано, что в Латвийской ССР микориза образуется на корнях сосны во всех случаях (даже на дюнных песках) и дополнительное заражение микоризными грибами на рост деревьев влияет лишь в редких случаях. Образованию микоризы в бедных песчаных почвах содействуют органические удобрения (торфяные компосты, лесная подстилка и т. п.). Из грибов, образующих микоризу на корнях сосны в дюнных песках, следует отметить *Boletus bovinus*, *B. luteus* и *B. granulatus*, заражение которыми стерильной почвы вызвало образование микоризы в лабораторных условиях.

Установлено, наконец, что при помощи микоризных грибов деревья могут использовать такие труднорастворимые вещества,

как трифосфат кальция и силикаты. Однако при отсутствии органических веществ в почве от недостатка азота страдает также микотрофное питание. Этим же объясняется плохой рост деревьев на верещатниках, пострадавших от лесных пожаров, которые уничтожают напочвенный покров и превращают минеральные соединения в легко вымываемые. При сплошной обработке почвы с полным оборачиванием пласта, когда органический слой попадает на глубину 20—30 см, условия для образования микоризы и вместе с тем для произрастания деревьев резко улучшаются.

*Институт лесохозяйственных проблем
Латвийской ССР
Рига*

EXPERIMENTS ON AFFORESTATION OF DUNE SANDS IN THE LATVIAN SSR

The problem of consolidation and afforestation of quicksands is of great importance, and a number of countries have been solving it for about two or three centuries. Sand dunes are situated in huge territories along the coastline of many European countries, Africa, Australia and America. Continental sands form vast deserts in Asia, Africa, Australia and America. The problem of economic mastering of these territories has long attracted the attention of silviculturist-investigators of the whole world. But in no other branch of forestry has silvicultural practice encountered such difficulties as in solving the problems of consolidation and afforestation of quicksands.

Silvicultural mastering of sands is still an actual problem in the Latvian SSR where sand deposits occupy about 27 per cent of the whole territory of the Republic. A considerable part of this area has long been covered with forests under which corresponding soils formed. Forest regeneration here is not difficult. As to the other category of sands — littoral dunes and dunes along the river-beds — they are very difficult for afforestation. The experience of Latvian silviculturists in this sphere might be of interest to specialists from other countries of the temperate climatic zone, for the littoral dunes both in Latvia and Lithuania (widely known Kursh dunes) are very characteristic.

The sands along the sea-shore of the Latvian SSR appeared because of the water ebb from the areas formerly covered by Ancylus Lake and Littorina Sea. The rise of the sea bottom brought to the surface the sands which had been sedimented and sorted out by these reservoirs. Big quantities of sand are daily

carried to the Baltic Sea by the rivers of the Republic — the Daugava, Gauja, Liepule, Venta and others. Part of this sand is thrown onto the sea-shore by sea waves which thus add new substances to the littoral sands.

Sand sedimented by melted snow from the glaciers and by the so-called zander deposits are met with under the soil cover over the whole territory of the Republic. Both along the coast-line and in the regions remote from the sea the sands formed dunes, during the drier periods of the post glacial epoch, as a result of wind activity.

Over a period of time Latvian littoral dunes have become mobile because of forest fires and felling, mainly during frequent wars in the XVII-XIX centuries. Annihilation of the natural vegetation pineries and green cover resulted in fine unconsolidated sands moving in the direction of the dominating winds — to the interior of the country. The mobile dunes began to pile up on the fertile soils, forests, populated points, roads, and so on, moving with a speed up to 1-3 m. a year.

As is known, it is characteristic of winnowed dune sand to have a preponderance of only one fraction. The more the sand is winnowed, i. e., the "older" it is, the more dominating is one definite fraction in it, as is obvious from the example of the dune sands in the Latvian SSR.

An insignificant content of calcium and humus is also characteristic of the sand of the Latvian dunes, but it contains big quantities of silica, because almost all the minerals, excluding quartz, have already been aired and their unstable components washed off from them.

The results of the analyses carried out at the Institute of Forestry Problems of the Latvian SSR show that the sand of the Latvian dunes (in the environs of Riga) differs from that of the continent by a lesser content of small particles (Table 1).

An organized struggle against dunes began in Latvia in the thirties of the last century with the help of planting a forest shelter-belt of over 300 m. wide along the coast of the Baltic Sea. Afforestation of the drifting dunes to the south of Liepaja began still earlier. During the period from 1835 to 1880 the area of unafforested dunes and sands in Kurland forestries decreased from

Table 1

Content of individual fractions in the sands of the Latvian dunes
and in the continental sands (in per cent)

Character of the sands	1.0-0.25 mm	0.25-0.05 mm	0.05-0.01 mm	0.01-0.005 mm	0.005-0.001 mm	Less than 0.001 mm
Mangalian dunes of the Latvian SSR						
1. Eolithic sand carried upon the former forest soil . .	6.74	92.76	—	—	—	—
2. Sand from the inter-dune depression where blowing out takes place	62.25	37.35	—	—	—	—
Balderainian dunes of the Latvian SSR						
20 cm deep under the 60-year-old plantations	5.90	93.59	0.02	0.13	—	—
Kursh dunes of the Latvian SSR	6.22	93.24	0.02	—	—	—

7,700 to 3,900 hectares. The work on consolidating and afforesting the dunes continued after the First and especially after the Second World War. At present, only an insignificant area remains unconsolidated, but successful afforestation of the dunes has met with certain difficulties down to our day.

During initial work on consolidating the sands attempts were made to prevent movement of the dunes with the help of fences built out of stakes and braided with brushwood. But some time later sandy banks formed along the fences and then the sand buried them. After that sand consolidation works began to practice planting of Red Willow cuttings (*Salix purpurea* L.) or grasses (*Elymus arenarius* L., *Ammophila arenaria* (L.) Link.); planted were also European White Birch (*Betula verrucosa* Ehrh.), European Black Alder (*Alnus glutinosa* Gaertn.), Poplar (*Populus* sp.), and Russianolive (*Elaeagnus* sp.).

Good results were obtained when an over-all covering of the sandy area with boughs or brushwood was applied. Planting

of sharp-leaf willows (willowing) justified itself on fresh littoral sands where subsoil waters are not deep. On the contrary, in the areas lying far from the sea or on the dry dunes it did not show good results. The willows were growing weak and hardly served as a windbreak and, though they had been planted to consolidate the dunes, it was necessary to do additional work on consolidating the sand covering it with boughs in order to protect the willows from being blown out with the wind. Willowing justified itself at the places where the sand is brought in with the participation of man (for example, at an artificial formation of a front dune). In such cases willowing acquires marked importance in soil improvement.

Unfavourable results were also obtained from sowing various grasses and ryes. The planting of grasses — European Beach grass (*Ammophila* sp.) and European Dune Wildrye (*Elymus* sp.) is justifiable when creating a front dune.

The centennial practice of dune afforestation has proved that sowing of tree-species on dune sands is very seldom a success; whereas planting shows better results. The only tree-species acclimatized to these conditions proved to be Scotch Pine (*Pinus silvestris* L.), and Jack Pine (*P. Banksiana* Lamb.). Swiss Mountain Pine (*P. montana* Mill.) is also preserved, but in most cases plantations of this species do not achieve high density of crown even at the age of 30. Spruce and larch perished soon, but alder-tree and birch were preserved only at lower places. One-year-old pine seedlings withered more frequently than the two-year-olds. These plantations also proved the great importance of good planting material for securing a high percentage of the cultures that had stricken root.

It is necessary to note that the quantity of plants that had stricken root was in some years inadmissibly low and in some cases the cultures perished completely. At those places where afforestation proved to be a success, the trees grew very slowly, assumed dwarf-like form and their height did not reach even bonitet V.¹

¹ Bonitet is the correlation between the age and the height of a tree that determines the productivity of soil.

It has been established that environmental conditions on the dune sand are the most unfavourable in inter-dune depressions where blowing out of the sand takes place and in the areas of deflation even if subsoil waters are not deep. At the age of 20 the height of a pine at such places does not exceed 0.5 m.

Grouping the environmental conditions beginning from the worst ones we derive the following sequence: a) inter-dune depressions where blowing out takes place, b) windward dune slopes, c) hillock tops, d) relatively plane places (without blowing out the sand), e) leeward sides of the dunes, the places with sand inflow.

The picture becomes still more complicated if we take into account the depth of the subsoil waters and availability or absence of the remainder of the former (buried) soil horizons.

Judging by the analyses, the percentage of easily changed potassium and phosphorus cannot characterize environmental conditions on dune sands. Since well-growing pines are also met with at the places with low content of these substances it is necessary to assume that there is enough phosphorus and potassium in the sand to provide good conditions for pine.

Still clearer is the correlation between the content of humus in the soil and actual conditions of growth. Increase in trees in most cases goes on in parallels to the growth of the percentage of humus in the soil, especially if it is found in deeper layers.

The low coefficient of withering (about 0.2) shows that under normal conditions there is enough moisture in the sand for the growth of pine. On the other hand, the absolute quantity of water in the sand is so small that an extensive high-branched root system is needed to collect it.

In the deeper layers of the sand there are relatively rich stocks of water but the roots of the trees do not penetrate there and we do not know why.

When working out the methods of afforestation of dune sands it is necessary to reckon with their properties as regards the water regime. Since great permeability to water helps "to collect" a considerable quantity of rain water and melted snow it is necessary to provide keeping it at the depth accessible for the roots of the trees. This is achieved by placing at a certain

depth horizontally-disposed layers of various materials which would prevent run-off of gravitational water into deeper layers.

At what depth should these "barriers" be placed? As experiments have shown, the height of the capillary rise of water in the sands of Mangalian dunes is about 30 cm., consequently the water available at this depth, if we take into account the isolating properties of the upper layer of dry sand, is evaporated slowly. Bearing in mind the fact that the roots of the trees do not penetrate into the sand deeper than 0.5 m. and that it is important to have the "isolating layer" (which itself serves for a certain period of time as a depository of moisture) as thick as possible, it is necessary to conclude that the optimal depth of the "barrier" should be 30-40 cm.

As is known, some time ago marl was widely used on afforestating the Kursh dunes. When afforestating the sands, peat and humus were widely used whether for covering the planting slits or pits or for mixing them evenly with the upper layer of the soil. Admixture of mineral fertilizers to peat has also been tested.

Addition of peat into planting slits was also practiced when afforestation of the sands in the Latvian SSR was carried out. Almost everywhere the results (if under the upper layer of the sand there was no forest soil buried) were approximately the same. When this method was applied in the environs of Riga (Mangaly, Buluppe) and on the Kursh dunes, though the quantity of seedlings that had stricken root increased, the number of stands did not become greater; they either acquired a dense crown late, or did not acquire a dense crown at all. Vertical growing under unfavourable conditions soon stops, the trees become abnormal, and the needles yellowish.

All methods of soil improvement have the following in common: humus is placed close to the surface. This is not correct and it was proved not only theoretically (drying of the upper layer, overheating in summer time, hydrophobic properties of the upper layer and so on) but practically as well.

Analyses of the root systems made in 1950 at the Institute of Forestry Problems showed that remainders of trees, bark and humus horizons found in the sands greatly influence the growth of pine-trees. After that in the autumn of 1951 on the dunes of Man-

galy and then in Bulluppe there were applied new methods of afforestation. For bettering the conditions under which trees grow there were ploughed or dug in on the sand furrows 40 cm. deep a layer of peat or sawdust 5 cm. thick or a layer of brushwood 10 cm. thick. Then the furrows were covered with sand again and two- or three-year-old pine seedlings were planted there. Together with this, new experimental pine-species were planted; the soil was prepared by putting peat onto the bottom of a pit that was dug $30 \times 30 \times 40$ cm. for every tree. For the purpose of control the same number of trees were planted according to the usual methods (by making slits, putting a handful of peat into them or leaving them without humus).

Table 2

Average data of the account taken in summer of 1953 when planting pine seedlings

General indicators	The length of the current year sprout in cm.	The length of the needles in cm.	The average quantity of buds on the last sprout
Control (without fertilizing)	0.8	0.8	1.7
The soil dug (to 40 cm.) deep (without being fertilized)	1.7	1.5	2.0
Intermediate layer of brushwood is available	3.9	2.8	3.1
Intermediate layer of peat is available	6.4	3.8	3.9

These experiments (Table 2) show the great influence brushwood and especially peat placed at a certain depth had on the growth of trees. The influence of the intermediate layer of sawdust proved to be much feebler; a still smaller part was played by deep loosening of the soil when the intermediate layer was not placed into the soil. The small influence in the last case can be explained by the fact that on digging the soil the above-soil cover is brought into it.

According to the account taken in late summer in the plantations of the same year the influence on the part of intermediate

layers is clearly manifested already during the first summer, especially in the length of needles and as regards a greater quantity of top buds. The influence on the lengthwise growth of the sprouts in the first year was small — this clearly expresses itself only in the second year.

It should be noted that peat and brushwood stimulated the growth of pine only when these materials were dug into the soil in spring time when planting; fresh brushwood is similarly effective. Some months later, the places where the brushwood had been dug in were distinguished by dark-green dune vegetation and often by an appearance of nitrophile plants (stinging-nettle, etc.).

The intermediate layer of sawdust, though it decreased the number of dead trees, did not yield a considerable increase in the first two years. Fertilizers (bonedust, superphosphate, potassium chloride) added to the sawdust did not bring about an increase either. These fertilizers did not contribute to the growth because they had been used in pure form without an admixture of organic matter.

The intermediate layers dug into the soil caused changes in the distribution of moisture in the soil. As might be expected the greatest percentage of moisture, within the limits of 40-90 per cent, is contained in a layer of peat. It confirms the assumption that a layer of peat in the sand in the dry period can be a source of moisture for the trees. It is interesting to note that the percentage of moisture is often much greater in the sand lying in a layer of brushwood. This is probably explained by the fact that the intermediate layer destroys the solidity of the sand mass, causing detention of the gravitational water in the looser layer. This assumption should be checked by further investigations.

Porosity of the soil around the experimental cultures was determined at the end of June. At the places where the soil had been prepared by deep ploughing in April of the same year porosity at a depth of 15 cm. was 49.52 per cent. In the soil dug 20 months before this, porosity was only 45.95 per cent and in the soil which had not been cultivated — 40 per cent. These figures, though they give some idea about the progress of sand consolidation, show that the variations do not exceed the amplitude of the common sand porosity.

European Black Alder and Poplar plantations laid out in the spring of 1950 should also be listed among the experimental cultures. An unafforested dune strip 150 m. long, crossing the locality with different relief had been selected for the experiments.

The following species were planted: California Poplar (*Populus trichocarpa* Torr. et Gray.), Southern Poplar (*P. balsamifera* L.), Simon Poplar (*P. Simonii* Carr.), Mongolian Poplar (*P. suaveolens* Fisch.) and European Alder (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.).

In the summer of 1950 all the poplars and 35 per cent of the European Black Alders (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.) were covered with leaves. The leaves were dark-green and rich. In the middle of the summer the alder and poplar which had not been cut level with the soil began to lose their bark which was dying off and chipping. Beginning from 1951 the poplar and the alder started dying off. By the summer of 1953 only those poplars and alders survived that were growing in the deep and narrow depression which crossed the afforestation strip. The experiment showed that it was very difficult to inculcate deciduous species on dunes without simultaneously improving the soil.

That the influence of the layers is of long duration is confirmed by the continuous influence on the part of buried soil, as well as of the trees, bark, etc. which had long been covered with sand. Recently it was stated in literature that the pine cultures, which had been planted in 1935 by G. N. Vyotsky on the Lower-Dnieper sands, making a peat layer in the soil, are growing very well; meanwhile, of the 17,000 hectares of land afforested during the last hundred years according to other methods only 3,000 hectares (at lower places and on buried soils) more or less preserved their plantations.

There are indications showing that a similar method was also applied in the Latvian SSR 60 years ago. It may be assumed that investigation of these plantations will give the final answer to this question. At any rate, the trees which have become strong can easily be preserved by using additional slit feeding which the Institute of Forestry Problems elaborated to stimulate fruit-bearing of the trees.

Preparation of the soil for afforestation of the dunes according to the method described is work on which much effort has been expended and therefore it should be mechanized. When small areas are being afforested the furrows can be prepared and closed up with a two-horse plough and a special adjustment. For big areas a caterpillar tractor and forest plough are necessary.

It is recommended to transport peat and brushwood along winter roads. At the places specially prepared, self-dumping lorries can be used. To afforest one hectare of land it is necessary to use about 30 tons of peat or 50-150 cubic meters of brushwood or other timber materials obtained when cleaning a forest. The question about the distance between the furrows has not yet been solved. It is connected with the still unsolved question of density of crown of forest cultures on sand in general. Application of fertilizers, however, will make it possible that in the same area a much greater quantity of trees will grow successfully. Until the matter is finally determined, the distance between the furrows can be taken as 1.5 m. with 1 m. intervals between the trees in the furrows. It will probably be rational to fertilize the soil in strips formed by 4-5 pine lines close to each other and to fill the area between the strips with shrubs (*Hippophae*, *Elaeagnus*). These methods would have some special advantages in suburban areas: better decoration, less fire danger, cheapness.

The strips should be disposed perpendicularly to the direction of the dominating winds. At the places where blowing out the sand is possible the strips should be covered with brushwood.

When afforestating the sands it is desirable to create mixed cultures. In the past, in most cases, together with a pine a birch was planted for this purpose but this is of little importance as a soil-improver.

The question of creating mixed cultures on poor sandy soils was considerably solved when to the cultures of pine-trees European and speckled alder-trees (*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. and *A. incana* (L.) Moench.) were admixed.

The experiments which began in 1930 showed that European alder is able to grow not only in drier conditions than those in which it is usually met with in nature, but for some time even on dry and poor sandy soils.

According to investigations, admixture of European Black Alder as an auxiliary species to the pine cultures on poor sandy soils of dry heaths (after ploughing them deep) not only improved the quantity of pine cultures that had stricken root, but also effected a 15-35 per cent average increase in 10-16-year-old pine plantations. The quantitative correlation between the pine-trees and alder-trees in the mixed plantations is 2 : 1, that is, after every two lines of pine-trees one line of alder-trees follows.

Experiments on admixing speckled alder to pine-tree cultures on poor sandy soil showed that in conditions of the Latvian SSR this species influence the growth of pine-cultures no less favourably and besides that it has some advantages as compared with European Black Alder; it grows better on poor sands, almost does not suffer from late frosts and to a lesser extent is damaged by pests.

All these results were obtained in conditions of sandy soil of dry heaths where in spite of its poverty some quantities of organic matter (humus), though insignificant, were available. The experiments on planting black alder on naked dune sands, where a soil-forming process has not yet begun and even a minimum quantity of humus is not available, do not show satisfactory results. Comparatively good primary growth of alder in 3-4 years becomes feebler and then its gradual dying off begins.

At present, parallel with planting pine, experiments have been started on planting black alder on dune sands with preliminary placing of a layer of organic matter (peat) into the soil.

Some tentative data make it possible to assume that good results can be obtained from the application of hybrids of black and speckled alders which proved specially able of adjusting themselves to the most difficult conditions of growth.

It has been proved that in the Latvian SSR mycorrhiza on the roots of a pine is formed in all cases (even on dune sands) and additional contamination with mycorrhiza fungi seldom influences the growth of the trees. Formation of mycorrhiza in poor sandy soils is promoted by organic fertilizers (peat composts, forest litter, etc.). Of fungi which form mycorrhiza on the roots of a pine in dune sands should be noted *Boletus bovinus*, *B. luteus* and *B. granulatus*. A sterile soil contaminated with these fungi caused formation of mycorrhiza in laboratory conditions.

It has been established, at last, that with the help of mycorrhiza fungi trees can utilize such hard soluble matters as calcium phosphate (tertiary) and silicates. However, when there is no organic matter in the soil microtrophic alimentation is damaged because of lack of nitrogen. It also explains the fact of bad growth of trees on heaths damaged by forest fires which annihilate the soil cover and transform mineral combinations into those which are easily washed off. On solid tilling the soil by turning an upper layer upside down, when the organic layer gets into the soil 20-30 cm. deep, conditions for mycorrhiza formation and consequently for growing of trees are greatly improved.

The Institute of Forestry
Problems of the Latvian SSR
Riga

М. Г. ПИНЧУК

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ
И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ
В СССР

M. G. PINCHUK

PLANTING AND RESTORING
FORESTS IN THE USSR

ОРГАНИЗАЦИЯ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЯ И ЛЕСОВОССТАНОВЛЕНИЯ В СССР

Лесные богатства Советского Союза огромны, но по территории страны они распределены неравномерно: в северной и восточной частях страны площадь лесов в отдельных областях достигает 65%, на юге и юго-западе процент лесистости незначительный.

Неодинаково в различных частях страны и значение лесов. В северных и северо-западных районах, где сосредоточены наибольшие запасы древесины, на первый план выступает промышленное значение леса. В степных же районах и в лесостепи, относящихся к зоне неустойчивого и недостаточного увлажнения, роль леса значительно расширяется. Здесь он оказывает заметное положительное влияние на климат, предохраняет почвы от смыва и выдувания, улучшает водный режим рек, способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и т. д.

Эти различия в распространении и значении лесов, а главное особенности лесорастительных условий в различных районах нашей страны определили накопление на протяжении более ста лет весьма разнообразного опыта и в лесокультурном деле.

Лесокультурные работы в нашей стране, возрастая из года в год, достигли особенно больших масштабов в 1949—1953 гг., что стало возможным благодаря широкому применению механизмов во всех процессах лесовосстановительных и лесохозяйственных мероприятий и внедрению достижений биологической науки в производство.

ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ

Вопросы степного лесоразведения в нашей стране получили глубокое теоретическое обоснование в трудах виднейших ученых лесоводственной и сельскохозяйственной науки. Установлено, что степень влияния защитных лесонасаждений на улучшение условий произрастания сельскохозяйственных культур и повышение их урожайности во многом зависит от правильного размещения лесных насаждений. Исходя из характера рельефа, направления вредных для сельского хозяйства ветров, степени смывистости почвы и прочих местных условий, защитные лесонасаждения размещают таким образом, чтобы они могли в полной мере проявить свое полезное действие.

Наблюдениями многих советских ученых и практиков установлено, что существенное полезное влияние лесной полосы простирается с подветренной ее стороны на расстояние, примерно равное 20—30-кратной высоте древостоя, и с наветренной стороны — до 10-кратной его высоты. Следовательно, чем выше древостой лесной полосы, тем дальше и полноценнее сказывается ее полезное влияние. Обычно на степных почвах высота средневозрастных насаждений, в зависимости от их породного состава и качества ухода за ними, составляет от 10 до 15 м. Расстояние между основными лесными полосами ветроломного назначения устанавливается в равнинных условиях степных водоразделов не более 500—600 м. Это расстояние увеличивается лишь при благоприятных условиях рельефа, например, на подветренных пологих склонах. На ветроударных склонах и на почвах каштанового комплекса пониженной лесопригодности, где лесные полосы обычно характеризуются худшим ростом древостоя в высоту, расстояние между полосами сближается.

Следовательно, существенную роль в борьбе с суховеями и ветровой эрозией имеет не одна изолированно стоящая лесополоса, а стройная система достаточно широких (16—20 м) лесных полос, парализующих совокупно вредную работу ветра на межполосных пространствах с тем большей эффективностью, чем удачнее размещена на территории вся система защитных лесонасаждений. Ослабляя силу ветра, лесные насаждения зимой обеспечивают на полях лучшую сохранность снежного

покрова, который хорошо утепляет почву и предохраняет озимые посевы сельскохозяйственных культур от вымерзания. В период весеннего снеготаяния лесонасаждения способствуют более полному и глубокому промачиванию почвы, а в период вегетации защищают культурные растения от чрезмерной транспирации. Таким путем лесные полосы на защищенных полях создают более благоприятную микроклиматическую обстановку, которая способствует выращиванию высокого и устойчивого урожая на базе применения комплекса передовой агротехники.

Согласно данным Института земледелия имени В. В. Докучаева (Каменная стена), прибавка урожая зерна в частично засушливые годы составляет под защитой лесных полос 100—120%, в сильно засушливые годы эта прибавка выражается по озимым (рожь) в 300%, по яровым (овес) — в 170%. Во влажные годы, которые на юго-востоке СССР — редкое явление, прибавка урожая зерна определяется в 30—40%. Урожай кормовых трав под влиянием лесополос увеличивается в среднем на 300—400%. Такое полноценное влияние оказывают «взрослые» лесные полосы с уже достаточной высотой древостоя — обычно свыше 10 м. Однако начало их полезного действия, в зависимости от быстроты роста составляющих древесных пород, наступает значительно раньше. В этом отношении для колхозно-совхозного производства экономически более выгодными следует признать такие лесополосы, в составе которых преобладают ценные быстрорастущие породы, дающие полезный эффект с молодого возраста. По данным ВНИИЛМИ и других научно-исследовательских учреждений степной зоны, лесные полосы из быстрорастущих пород уже на 4—5-й год после посадки обеспечивают прибавку урожая зерна на защищаемых участках в среднем в 2—3 ц с 1 га. В дальнейшем, из года в год, по мере роста лесных полос в высоту, возрастает и полезное их влияние на прилегающие поля. По достаточно осторожным подсчетам, лесополосы из быстрорастущих пород уже к 8—10-летнему возрасту вполне оправдывают все затраты на их выращивание.

Однако повышением урожая зерновых или трав вовсе не ограничивается служебная роль лесных насаждений в сельскохозяйственном производстве. Следует помнить, что во время

черных бурь под защитой лесных полос полностью сохраняются посевы озимых, тогда как на открытых местах происходит полное или частичное их выдувание с выносом верхних плодороднейших частиц почвы. Классическим примером решающего значения лесных полос в борьбе с черными бурями является совхоз им. Сталина, расположенный в районе Армавирского «ветрового коридора». Известно, что до создания полезащитных лесных полос, примерно полвека назад, эта территория сильно поражалась черными бурями. Теперь же такая опасность устранена.

В Курганинском районе Краснодарского края лесоразведением стали заниматься в основном с 1949 г., и результаты не замедлили сказаться. Лесные полосы, созданные из быстрорастущих пород весной 1949 г., уже в 1951 г., во время черной бури, предохранили от выдувания посевы озимой пшеницы на расстоянии 100—150 м от лесополосы. Урожай пшеницы в защитной зоне достигал 25 ц, а на открытом поле, при одинаковых прочих условиях, он составил 18 ц с 1 га.

В колхозе им. Сталина Сальского района Ростовской области в настоящее время все поля окаймлены защитными лесными полосами, общим протяжением около 145 км. Закладка лесных полос в этом колхозе была начата в 1932 г. Но уже в 1939 г. (через 7 лет), когда по Сальским степям пронеслась черная буря, уничтожившая большие площади озимых посевов, под защитой лесных полос все посевы озимой пшеницы полностью сохранились. По данным агронома А. Мальцева, прибавка урожая озимой пшеницы в этом колхозе в результате полезного влияния лесных полос составляет от 6 до 7 ц с 1 га.

В Советском Союзе проводятся большие работы по облесению песков и оврагов с целью правильного и более рентабельного использования этих площадей. При сплошном облесении песков на той или иной территории ряд древесно-кустарниковых пород произрастает вполне удовлетворительно. Например, продуктивность сосновых насаждений (*Pinus silvestris* L.) на Чирских песках Ростовской области в 27-летнем возрасте достигает 274 м³ древесины с 1 га, при средней высоте 16 м и диаметре 16,2 см. На этих же песках запас древесины тополя канадского (*Populus deltoides* Marshall) в 15-летнем возрасте выра-

жается в 293 м³ с 1 га при средней высоте 15,7 м и диаметре 16,3 см.

Под лесоразведение на песках в СССР отводятся участки, которые не используются под сады, виноградники, сельскохозяйственные посевы, сенокосы и пастбища. В лесостепных районах с достаточным увлажнением закладываются сплошные насаждения, а в степных, где осадков выпадает мало, под древесные породы отводится от 20 до 30% площади, причем насаждения размещаются кулисами или колками.

На песках европейской части СССР, богатых перегноем или подстилаемых на небольшой глубине погребенными плодородными почвами, высаживаются или высеиваются дуб (*Quercus robur* L.), груша (*Pyrus communis* L.), береза (*Betula verrucosa* Ehrh.), ясень зеленый (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), сосна обыкновенная (*Pinus silvestris* L.) и крымская (*P. Pallasiana* Lamb.), акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.), скумпия (*Cotinus coggygria* Scop.), лох (*Elaeagnus argentea* Pursh.), абрикос (*Armeniaca vulgaris* Lam.), вишня (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.), а на более бедных — сосна (*Pinus silvestris* L.), аморфа (*Amorpha fruticosa* L.) и акация желтая (*Caragana arborescens* Lam.).

В Среднеазиатских районах СССР для облесения бугристых песков с недостаточным увлажнением применяется саксаул белый (*Haloxyylon persicum* Bge.), а на уплотненных песках с лучшим увлажнением — саксаул черный (*H. aphyllum* (Minkw.) Iljin).

Большой вред сельскохозяйственным угодиям наносят эрозийные процессы. В Советском Союзе проводятся работы по облесению площадей, подверженных смыву или размыву, с расчетом сохранить плодородие почвы и прекратить размывы.

Установлено, что защитные лесонасаждения на приовражных участках предохраняют склоны оврага от дальнейшего разрушения и способствуют их задержанию. Насаждения создаются вдоль бровок оврагов, с отступом от бровки на 2—5 м, шириной от 20 до 50 м в зависимости от условий местопроизрастания. В приовражные полосы и в насаждения, создаваемые на водоподводящих лопинах, высаживается большой процент плодово-технических пород.

По данным эрозионного отряда Института леса Академии Наук СССР, в Орловской, Воронежской и Саратовской областях свободные от лесной растительности приовражные площади в результате смыва потеряли от 15 до 25% гумусного слоя почвы. По данным Новосильской опытной станции, урожай различных сельскохозяйственных культур на смытых почвах, по сравнению с несмытыми, снижается на 30—40%.

Лучшие результаты в борьбе со смывом и разрушением почвы получены там, где применялись насаждения древесно-кустарникового типа. В крайние ряды со стороны оврага высаживаются корнеотпрысковые древесно-кустарниковые породы: акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.), берест (*Ulmus foliacea* Gilib.), айлант (*Ailanthus glandulosus* Desf.), терн (*Prunus spinosa* L.), шиповник (*Rosa canina* L.), вишня (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.) и другие, которые своим распространением по откосу оврага скрепляют грунт и создают лучшие условия задержания.

Лесоводы СССР при разработке типов защитных лесонасаждений видят в них не простую или механическую совокупность деревьев, а такое соединение, в котором проявляются взаимное влияние деревьев как друг на друга, так и на занятую ими почву и атмосферу. Установлено, что чем сложнее лесонасаждение по составу и форме, тем равномернее складываются под его пологом условия жизни, тем лучше распределяются производительные силы почвы и тем эффективнее используются свет и почвенная среда древесно-кустарниковой растительностью. Вот почему в СССР принято при посеве или посадке защитных лесонасаждений размещать посевной или посадочный материал так, чтобы возможно скорее образовалось насаждение, т. е. не простая совокупность деревьев, а такое соединение их, в котором могло бы обнаружиться их взаимное влияние друг на друга и на окружающую их среду.

ЛЕСОВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ

Лесовосстановительные мероприятия проводятся в Советском Союзе на обширных и самых разнообразных площадях государственного лесного фонда. При этом по хозяйственному значению одно из первых мест занимают лесовосстановительные

работы на площадях, освобожденных рубками в дубравах, являющихся особенно ценными как по качеству древесины, так и в силу расположения их в степных и лесостепных районах страны, где они играют большую защитную роль.

Площади дубовых насаждений на высококачественных почвах, освобождающиеся из-под леса при сплошных лесосечных рубках, немедленно культивируются. При несоблюдении этого на таких площадях происходит порослевое возобновление, образующее низкоствольники, или дуб (*Quercus robur* L.) совершенно вытесняется малоценными древесными породами и кустарниками.

Ценные сосновые насаждения на богатых почвах без мер искусственного лесовозобновления, или хотя бы мер, содействующих естественному лесовозобновлению, переходят в малоценные лиственные низкоствольники. Биологические особенности сосны (*Pinus silvestris* L.) не позволяют рассчитывать на ее самовосстановление хотя бы через длительный промежуток времени, как это бывает с елью (*Picea excelsa* Link.). Поэтому на площадях, поступающих в рубку или вышедших из-под леса, в СССР проводятся большие работы с целью восстановления ценных хвойных пород. Для своевременного и успешного выполнения работ по восстановлению леса на вырубках, гарях, пустырях, редирах и песчаных массивах в Советском Союзе применяются следующие мероприятия:

а) в лесхозах и лесничествах ежегодно учитываются непокрытые лесом площади и, в зависимости от наличия и благонадежности естественного возобновления на них, эти площади относят к категории возобновившихся или к лесокультурному фонду. Последний, с учетом условий местопроизрастания, степени задернения и наличия естественного возобновления, подразделяется на площади, требующие искусственного восстановления или применения мер содействия естественному возобновлению;

б) в соответствии с наличием лесокультурного фонда, производственными возможностями и экономической целесообразностью лесхозы составляют перспективные планы лесокультурных работ на ближайшие пять лет с последующим ежегодным уточнением объемов работ;

в) для обеспечения работ по посеву и посадке леса ежегодно устанавливаются объем заготовки лесных семян и площадь посева в лесных питомниках, на основе перспективного плана, разработанного на 5 лет и на текущий год, с учетом составляемых лесхозом на каждую отдельную площадь проектов лесных культур.

Большое значение в СССР придается лесосеменному делу. С этой целью в лучших средневозрастных и приспевающих насаждениях I и II бонитета отведены специальные лесосеменные участки в различных типах леса. Это дает возможность знать происхождение семян. Наша материалистическая биологическая наука доказала, а практика подтвердила, что тщательный отбор насаждений и отдельных деревьев для сбора семян по хозяйственно ценным признакам (быстрый рост, хорошая древесина, солеустойчивость, высокая гуттоноспособность, смолоносность и т. д.) значительно повышает качество посевного материала и способствует созданию более производительных и устойчивых насаждений.

В лесных питомниках для лесокультурных целей за последние пять лет выращено более 42 млрд. сеянцев разных древесно-кустарниковых пород,

Выращивание такого количества посадочного материала стало возможным благодаря применению строчно-ленточных посевов, обеспечивающих механизацию всех процессов производства (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Наиболее распространенные схемы посевов

Вид лент	Схемы размещения
Двухстрочные . .	50—20—50 35—10—35
Трехстрочные . .	60—35—35—60
Четырехстрочные	60—15—50—15—60 70—15—45—15—70
Шестистрочные .	60—10—35—10—35—10—60

СПОСОБЫ И АГРОТЕХНИКА ЛЕСОКУЛЬТУРНЫХ РАБОТ

Успешное выращивание наиболее производительных и хозяйственно ценных насаждений в значительной степени зависит от правильного выбора типов лесных культур, соответствующих местным природным особенностям. В СССР разработаны типы лесных культур с учетом достижений науки, лесоводственной практики и лесоводственного опыта.

Основной теоретической предпосылкой при разработке типов культур явилось положение о единстве растительных организмов и среды. Практически это выразилось в дифференциации типов лесных культур по природным зонам и районам с дальнейшим подразделением их по условиям местопроизрастания и категориям лесокультурных площадей; в подборе основных древесно-кустарниковых пород с учетом их биологических и экологических требований и характера межвидовых отношений в данных природных условиях в различном возрасте; в выборе способа, густоты и агротехники создания лесных культур, наиболее отвечающих природным условиям.

Территория европейской части СССР разделена на 4 основные лесорастительные зоны: I — лесная или таежная, II — лесостепная, III — степная, IV — полупустынная¹. Они охватывают 14 лесорастительных районов. В пределах зон и районов типы лесных культур дифференцированы по условиям местопроизрастания. Таблицы типов лесных культур построены в плане двумерной сетки, в которой типы условий местопроизрастания расположены, с одной стороны, в направлении увеличения почвенного плодородия, с другой — в порядке нарастания степени влажности почв, от сухих до очень сырых, заболоченных.

В границах тех обширных районов, для которых разработаны отдельные типы культур, встречаются многочисленные местные разности условий местопроизрастания. Поэтому лесхозы применяют предложенные им типы лесных культур с учетом местных природных особенностей и накопленного лесоводственного опыта. Важнейшее место в агротехнике создания лесных

¹ Иногда в южной части лесной зоны выделяют особую зону — смешанных (хвойно-лиственных) лесов.

насаждений при всех типах лесных культур занимает правильная обработка почвы.

В зависимости от состояния участка, подлежащего облесению, производится различная подготовка почвы: сплошная, полосами, бороздами и площадками.

В лесной и лесостепной зонах на незадернелых и чистых от пней и корневищных сорняков площадях применяется сплошная или полосная вспашка под зябь и ранне-весенняя культивация с боронованием почвы перед началом лесокультурных работ.

В лесостепной и лесной зонах на площадях, сильно задернелых и засоренных корневищными сорняками, а также в степной зоне почва обрабатывается по системе черного или раннего чистого пара (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Глубина основной вспашки почвы по зонам в зависимости от условий местопроизрастания, см

Природная зона	А	В	С	Д
	Боры	Суборы	Судубравы и сурамеши	Дубравы
Лесная	10—18	15—18	15—20	18—22
Лесостепная	18—22	18—22	20—25	22—25
Степная	20—25	23—27	25—30	25—30

В тех случаях, когда при указанной глубине вспашки на поверхность выворачивается оподзоленный горизонт, устанавливается почвоуглубитель. В условиях близкого залегания ортштейнового горизонта почва обрабатывается на глубину 40—50 см без выноса ортштейнового горизонта на поверхность. Под механизированную посадку машинами СЛЧ-1 и СЛН-1 почва вспахивается на глубину не менее 27—30 см.

В степной зоне и особенно в наиболее засушливых ее районах при создании культур широко применяется бороздование пашен. Борозды нарезаются плантажным плугом со снятым отвалом, с разрыхлением дна борозд до 40—50 см. Бороздование проводится осенью, предшествующей закладке культур, на площадях, подготовленных по системе черного пара. Расстояние

между бороздами по центрам должно строго соответствовать принятой ширине междурядий главной породы. Весной, при ранне-весеннем бороновании, производится заравнивание борозд, после чего по следам их проводится посев или посадка главной породы с одновременной посадкой в междурядьях сопутствующих и кустарниковых пород по принятой схеме.

Подготовка почвы полосами разной ширины применяется главным образом на лесосеках с наличием значительного числа пней, а также на склонах, где сплошная обработка может вызывать эрозионные процессы. На избыточно увлажненных площадках вснашка производится за год до посева или посадки кустарниковым плугом всвал или с односторонним отваливанием 1—3 пластов и образованием микровысыпей.

При подготовке почвы площадками размер их колеблется от 0,1 до 4 м² (в отдельных случаях до 10 м²). Как правило, размер площадок увеличивается — от хорошо обеспеченной влагой лесной зоны к засушливым условиям степной зоны.

На лесосеках, возобновившихся малоценными лиственными породами, площадки располагаются на свободных от поросли местах или рядами в специально прорубаемых коридорах. При подготовке почвы площадками на хвойных лесосеках, не имеющих возобновления лиственных, площадки располагаются рядами.

В лесной зоне на задернелых почвах, на свежих лесосеках подготовка почвы площадками может заключаться в удалении мохового покрова с легким разрыхлением поверхности. На слабо задернелых песчаных и супесчаных почвах в той же зоне производится поверхностная обработка почвы на глубину 5—7 см, на задернелых — на глубину 10—15 см. На избыточно увлажненных почвах площадкам придается характер холмиков, возвышающихся на 12—15 см над уровнем почвы.

Для получения желательного эффекта от посева или посадки леса учитываются биологические и экологические особенности отдельных лесных пород, составляющих лесонасаждения, и характер взаимного влияния их на лесорастительную среду и окружающую природу, а также принимается во внимание, что взаимное влияние лесных пород в разные возрастные периоды не будет одинаковым.

При создании лесных культур древесно-кустарниковые породы размещают так, чтобы кроны деревьев сомкнулись возможно быстрее. Это будет способствовать повышению устойчивости лесонасаждений против неблагоприятных условий природной среды и вредного влияния сорной растительности и содействовать скорейшему формированию лесной обстановки.

Посадка и посев леса производится в основном рядовым способом. Назначение того или иного способа создания лесонасаждений зависит от состояния площади, поступающей под облесение, степени задернения, наличия пней, крутизны склонов и др. Для лучшего применения механизмов принято вводить различные древесно-кустарниковые породы чистыми рядами или со смешением не более двух пород в ряду.

Лес разводится путем посева или посадки. При этом на площадь высеваются семена древесно-кустарниковых пород, не требующих стратификации, — хвойные: сосна (*Pinus silvestris* L.) и ель (*Picea excelsa* Link.); лиственные: дуб (*Quercus robur* L.), орех грецкий (*Juglans regia* L.), акация желтая (*Caragana arborescens* Lam.) и акация белая (*Robinia pseudoacacia* L.).

Применявшийся в широких размерах при степном лесоразведении на юго-востоке европейской части СССР гнездовой способ посева дуба в практике себя не оправдал. Растения в гнездах развиваются хуже, чем в рядах; все работы связаны со значительной затратой ручного труда. В настоящее время широко применяются строчные и строчно-луночные посевы дуба.

Проведение лесовосстановительных работ на больших площадях стало возможно благодаря широкому внедрению механизации во все процессы лесокультурного производства.

Посев, посадка и уход за лесными культурами производятся механизмами в сцепке, так как это дает возможность использовать тяговые усилия трактора более рационально.

Так, при посадке агрегат комплектуется из трех лесопосадочных машин СЛЧ-1 на тяге трактора ДТ-54 (СТЗ-НАТИ).

При культурах дуба с кустарником агрегат составляется из одной сеялки СЛ-4а для посева желудей и двух лесопосадочных машин СЛЧ-1 для посадки рядов кустарника.

Габариты применяемых машин, при междурядьях в 1,5 м, не позволяют устанавливать их на сцепке в один ряд. Поэтому средняя машина в агрегате прицепляется к сцепке на удлинителе.

При создании лесонасаждений с главной породой дубом агрегат составляется из двух сеялок СЛ-4а для посева желудей и одной лесопосадочной машины СЛЧ-1 для посадки кустарников. В тех случаях, когда дуб заменяется сосной, работа производится трехрядными посадочными агрегатами.

Наиболее рациональным является пятирядный посадочно-посевной агрегат, который составляется из трех лесопосадочных машин СЛЧ-1 и двух сеялок СЛ-4а. Этот агрегат применяется не на всех участках. В частности, при работе на привражных площадях с частыми поворотами и крутыми склонами маневрирование такого агрегата, вследствие его громоздкости, затруднено.

Уход за посадками и посевами на свободных от пней площадях осуществляется трехсекционным лесным культиватором КЛТ-4,5 Б, а при выдержанной ширине междурядий, с отклонениями не более ± 10 см, и культиватором КУТС-2,8.

Для культиватора КЛТ-4,5 Б применяются тракторы КДП-35, КД-35 и ДТ-54 (СТЗ-НАТИ), а для культиватора КУТС-2,8 — трактор У-2.

Огромная территория СССР с ее многообразием почвенных и климатических факторов обуславливает применение различных агротехнических приемов при лесокультурных работах. В лесной и лесостепной зонах на сплошных лесосеках и свежих гарях в хвойных лесах с песчаными и слабо оподзоленными почвами применяется частичная обработка почвы, преследующая получение общей порозности и скважности верхнего горизонта. Это достигается рыхлением почвы на глубину 4—8 см в зависимости от мощности гумусового слоя.

В лесной зоне лесовосстановительные процессы регулируются правильным ведением рубок главного пользования путем оставления семенников как в чистых сосновых насаждениях, так и в смешанных древостоях, а также рыхлением почвы на участках, поступающих в рубку. Рыхление почвы в целях

содействия естественному возобновлению проводится механизированным путем на тракторной тяге.

В настоящее время научно-исследовательские институты и конструкторские бюро СССР работают над усовершенствованием существующих и созданием новых лесокультурных машин и орудий для обеспечения механизации всех процессов труда в лесокультурном и лесохозяйственном производстве.

*Главное Управление лесного хозяйства
и полезащитного лесоразведения
Министерства сельского хозяйства СССР
Москва*

PLANTING AND RESTORING FORESTS IN THE USSR

While Soviet forest resources are tremendous, their distribution on the territory of the USSR is, however, uneven; thus in the northern and eastern parts of the country up to 65 per cent of some regions is under forests, while in the middle, southern and southwestern zones the percentage is rather small.

Equally uneven is the value of forests in different zones of the country. In the northern and northwestern regions which possess the bulk of wood resources, the industrial value of forests is greatest. In the steppe and forest-steppe zones where the fall of moisture is unstable and insufficient forests play a much more important role.

The forest here considerably improves climatic conditions, prevents soil from being washed or blown away, and also keeps river waters on a steady level, thus making for an increase in agricultural crops.

These differences in the distribution and significance of forests and, in particular, the specific conditions for growing forests in different parts of the Soviet Union have made it possible to acquire most varied experience in the course of a century's practice in silviculture.

Silvicultural practice, developing in this country from year to year on an ever-wider scale, reached very wide scope in 1949-1953; this was made possible through the extensive use of up-to-date equipment for all kinds of measures designed to restore and maintain forests as well through the application of the achievements of biology in production.

PLANTING SHELTER STANDS

Questions of forest cultivation in steppes have been theoretically elaborated in the works of outstanding Soviet scientists in the field of silviculture and agriculture. It has been established that the effect of forest shelter-belts in bettering the conditions for growing agricultural crops and raising crop capacity depends largely on the proper distribution of tree varieties. Besides other environmental conditions, distribution of shelter-belts is determined by surface features, by the course of the winds detrimental to agriculture, and finally to the degree to which the soil is washed off; therefore shelter-belts are distributed so as to make them as effective and beneficial as possible.

Many Soviet scientists and practical workers have established that a leeward shelter-belt has a raying distance that roughly equals the 20-30-fold height of the stands while windward it is approximately 10-fold. Consequently, the higher the stands of a belt, the greater is its raying distance and effect. Generally, in the steppe soils the height of middle-aged plants ranges from 10 to 15 meters, depending on their variety and also on how much care they receive. So the spaces between the main shelter-belts designed to break winds must not be over 500-600 meters to achieve the utmost effect in the flat country conditions of the steppe watersheds. These spaces can be lengthened only if favourable surface features permit, for example, on leeward gentle slopes. On the contrary, the spaces are shortened on windward slopes and on chestnut soils unfavourable to the growth of stands in height.

Hence, to effectively combat arid winds and wind erosion an efficient network of sufficiently wide (16-20 metres) shelter-belts are required rather than one isolated belt; these belts taken together will the more effectively neutralize the harmful winds, the better the system of distribution of shelter-belts. By enfeebling the winds in winter the shelter-belts secure better preservation of the snow cover on fields, thus retaining heat in the soil and preventing winter crops from being ruined by frost. When the snow melts in the spring the shelter-belts contribute to the more complete and deep damping of the soil and at the same time protect crops against excessive transpiration in the period of

vegetation. Thus, the shelter-belts create favourable microclimatic conditions on the field which, once combined with the progressive methods of scientific farming, makes for steady and bumper crops.

According to the data of the Dokuchayev Agricultural Research Institute (Kamen Steppe) the shelter-belts assure an annual increase in harvest during partially arid years, of 100-120 per cent; moreover, extremely arid years show an increase of 300 per cent in winter crops (rye) and in summer crops (oats) of 170 per cent. In wet years, however, which are rare in the southeast of the USSR, the increase in cereal crops falls to 30-40 per cent. The increase in the crop of fodder grasses, thanks to the shelter-belts, mounts up to an average of 300-400 per cent. Such valuable results are attained through "adult" shelter-belts with sufficiently high stands, i. e., usually over 10 metres high. For all that they start protecting fields long before that; it all depends on how rapid is the growth of the tree varieties they are composed of.

In this respect the shelter-belts chiefly composed of rapidly growing valuable varieties answer best of all, it must be admitted, the needs of collective and state farm production. The information reported by the All-Union Research Agricultural Forest Reclamation Institute and other research establishments of the steppe zone testifies that rapidly growing shelter-belts secure an average increase in cereal crops of 2-3 centners per hectare already in the fourth or fifth year after planting. Later on, as the shelter-belts grow in height, they offer ever-greater protection to the neighbouring fields. According to most moderate estimates, the shelter-belts composed of rapidly growing varieties as early as 8-10 years after planting fully cover the expenditure on their cultivation and yet their auxiliary part in agricultural production is by no means limited to increasing grain or grass harvests. You will recall that during black storms winter crop seeds are quite safe when protected by shelter-belts while on the exposed fields they are apt to be blown away fully or at least partially together with the upper particles of soil, which are the most fertile. How important are shelter-belts in fighting black storms can best be illustrated by the experience of the Stalin state farm located in the Armavir "wind corridor". This territory is known to have

suffered greatly from black storms about half a century ago, i. e., before the planting of shelter-belts. At present this danger no longer exists.

In the Kurganinskaya district, the Krasnodar territory, forest planting was started practically in 1949 and soon produced results. The shelter-belts composed of rapidly growing varieties in the spring of 1949, already in 1951, when a black storm was raging, prevented the winter wheat seeds from being blown away in fields located 100-150 meters from a shelter-belt. While the yield within the protected zone was up to 25 centners a hectare, on the exposed field, where all the other conditions were equal, the yield per hectare constituted 18 centners.

Today, all the fields in the Stalin collective farm are protected by shelter-belts, which stretch for about 145 kilometers. The first shelter-belts on this farm were planted in 1932. By 1939, when a black storm was raging over the Salsk steppes, destroying vast areas of winter crops, in those fields protected by forest shelter-belts all the winter wheat seeds were saved. According to agronomist A. Maltsev the shelter-belts around the fields of this collective farm accounted for an increase in winter wheat crops of from 6 to 7 centners per hectare.

Large-scale afforestation of sandy areas and ravines is being realized in the USSR in order to secure better utilization of these areas. On solid afforestation of sandy areas, depending on their location, a number of tree and shrub species grow quite satisfactorily. For example, the productivity of the Scotch pine plantations (*Pinus silvestris* L.) on the Chirsk sands, Rostov region, at the age of 27 yields up to 274 m³ of wood per hectare, averaging 16 meters in height and 16.2 centimeters in diameter. On the same sands the Canadian poplar (*Populus deltoides* Marshall) yields at the age of 15, 293 cubic meters per hectare with an average height of 15.7 meters and 16.3 in diameter.

In the USSR afforestation is carried out on areas not utilized for orchards, vineyards, crops, meadows or pastures. Where moisture is sufficient as is the case in the forest steppe regions, solid plantations are laid out while in the steppe, where the fall of moisture is low, 20 to 30 per cent of the total area is assigned

for tree varieties; furthermore, these plantations are laid out in little forest groups.

On the sandy areas of the European part of the USSR rich in humus, or under which fertilized soil is buried close to the surface, the following tree varieties are sown and planted: oak (*Quercus robur* L.), pear-tree (*Pyrus communis* L.), birch (*Betula verrucosa* Ehrh.), ash-tree (*Fraxinus lanceolata* Borkh.), Scotch pine (*Pinus silvestris* L.), Crimean pine (*P. Pallasiana* Lamb.), black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), Scumpia (*Cotinus coggygria* Scop.), Russianolive (*Elaeagnus argentea* Pursh.), apricot-tree (*Armeniaca vulgaris* Lam.), cherry-tree (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.), varieties that are sown and planted on poorer soil: pine (*Pinus silvestris* L.), Amorpha (*Amorpha fruticosa* L.) and Siberian Peashrub (*Caragana arborescens* Lam.).

To afforestate the hilly sands of Central Asia which are poorly moistened white saxaul (*Haloxylon persicum* Bge.) is used, while black saxaul (*H. aphyllum* (Minkw.) Iljin) is more suited to the dense sands with better moistening.

Great harm, indeed, is inflicted on cultivated areas by erosion. To prevent wash-off and wash-out of soil, afforestation work is under way in those areas of the Soviet Union which are liable to these evils in order to preserve the fertility of soil and eliminate these evils. It has been established that shelter-belts, if planted close to ravines, protect the slopes of a ravine from further erosion and help towards their matting. Trees and shrubbery are planted along the borders of ravines 2-5 meters away from the edge and from 20 to 50 meters wide depending on environmental conditions. A large number of fruit-industrial varieties are planted along the ravines and water-bearing channels.

According to the information collected by the erosion expedition of the Institute of Forests of the Academy of Sciences of the USSR the woodless, ravine lands in the Orlov, Voronezh and Saratov regions lost from 15 to 25 per cent of the humus layer of the soil from erosion. Data furnished by the Novosilsk experimental station shows that the harvest of various agricultural crops on the washed-off lands decreases from 30-40 per cent as compared with non-washed-off lands.

The best results in preventing wash-off and the disintegration of soil were obtained where mixed plantations consisting of trees and shrubs were introduced. In the rows closest to the ravine edge the root-spring varieties of tree-shrub type are planted: black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), smooth-leaved ulmus (*Ulmus foliacea* Gilib.), ailanthus (*Ailanthus glandulosus* Desf.), blackthorn (*Prunus spinosa* L.), briar (*Rosa canina* Z.), cherry-tree (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill.), etc., which by spreading around the slope tighten the soil and create better conditions for matting. While working out the types of shelter plantations Soviet foresters regard them as a combination in which trees influence both one another and the soil and the atmosphere they grow in, and not as a simple or mechanical combination of trees. It has been established that the more complex a plantation is in form and composition, the more uniform are conditions of life under its cover, the better the distribution of the soil production forces and the better is the light and soil environment utilized by the trees and shrubs. That is why in the USSR it is an accepted rule when sowing or planting forest shelters and plantations, to distribute them so as to get a plantation, i. e., not a simple collection of trees but such a combination as would show their influence on each other and on their environment.

RESTORATION OF FORESTS

Forest restoration work is under way in the Soviet Union on vast and most diverse areas of the state forest resources. In this connection forest restoration work is most important economically on the areas cleared by wood-cutting in oak forests, which are particularly valuable, both due to the high quality of wood and because they are located in the steppe and forest-steppe regions where they play an important role in field-protection.

Rich soils planted to oak, when cut according to the clearing system, are immediately cultivated again. If this is not done on such areas, the result is the regeneration of undersized trees which supplant the oak (*Quercus robur* L.) by tree and shrub varieties of little value.

and ecological requirements and the character of the inter-species relations under the given natural conditions; on the selection of the method, density and agrotechnique applied in creating tree varieties best suited to the natural conditions.

The whole territory of the European part of the USSR is divided into four main forest zones: I — the forest or taiga zone, II — the forest-steppe zone, III — the steppe zone, and IV — the semi-desert zone¹.

They cover 14 forest regions. Within the zones and regions types of tree varieties are differentiated according to environmental factors. Tables on types of tree varieties are drawn up according to the diagram of Alexeyev and Pogrebnyak in which types of environmental conditions are arranged so as to show soil fertility on the one hand and increase in the extent of humidity of soils — from dry soil to very damp and boggy ones — on the other.

Within the bounds of those vast areas for which separate kinds of tree varieties are evolved there exists local differentiation of environmental conditions. Therefore forest nurseries make use of planned tree varieties depending on environmental peculiarities and accumulated forestry experience. The most important role in agricultural practice for breeding stands of all kinds of tree varieties is played by adequate tillage of soil.

Depending on the state of the area to be afforested preparation of soil can be effected in strips, quadrat plots or by means of solid tillage.

In the forest and forest-steppe zones which are free of grass, stumps and root weeds, ploughland is prepared in strips or by means of solid tillage, and cultivation is made in early spring together with the furrowing of soil before the beginning of silvicultural work.

In the forest-steppe and forest zones in exceedingly matted areas littered with root weeds as well as in the steppe zone the soil is tilled under the system of black or early clean fallow.

Where the podzol horizon is brought up to the surface by the above-mentioned depth of ploughing a subsoiler is used. Where the Ortstein horizon lies close to the surface, the soil is tilled to a

¹ Sometimes in the southern part of the forest zone a special zone is singled out — the zone of mixed (coniferous and deciduous) forests.

Table 2

Depth of main soil ploughing according to the zones in conformity with site factors

Natural zones	A	B	C	D
	Pinerles	Sou-pinerles	Sou-oakeries and pine-spruce forests on rich sandy soils	Oakeries
Forest zone	10—18	15—18	15—20	18—22
Forest-steppe	18—22	18—22	20—25	22—25
Steppe	20—25	23—27	25—30	25—30

depth of 40-50 cm. without bringing the Ortstein horizon to the surface. When the SLC-1 and SLN-1 machines are used for planting the soil is ploughed to a depth of not less than 27-30 cm.

In the steppe zone, and especially in its most arid regions, furrowing of tilled areas is widely used when breeding tree varieties. Furrows are made by the planting plough with the mould-board removed to make trenches loosened as much as 40-50 cm. in the autumn preceding the planting of soils on areas under the system of black fallow. The space between the central lines of trenches must strictly correspond to the adopted width of space between trenches to be sown to a dominating variety. In spring during early furrowing trenches are levelled. After that sowing or planting of the main variety is carried on simultaneously with planting of those additional tree and shrub varieties provided by the plan.

Preparation of soil in strips of various width is effected mainly in wood-cutting areas abounding in a considerable number of stumps, as well as on slopes where solid tillage may cause erosion processes. On over-moistened areas tillage is effected a year before sowing or planting, by the shrubbery plough without mould board or by one-sided moulding of 1-3 layers with microelevation appliances.

In preparing soil by plots their size varies from 0.1 square meters to 4 square meters (in some cases up to 10 square meters). As a rule the size of the plots is increased as we go from the forest zone, well provided with moisture, to the arid steppe zone.

In wood-cutting areas where deciduous varieties of small value have already been regenerated, the plots are located in places clear of groves or in rows in specially cut corridors. In preparing soil by plots in coniferous cutting areas where deciduous trees have not been regenerated plots are located in rows.

In the forest zone on soils without grass cover, in fresh wood-cutting areas the preparation of soil by plots can be effected by removing the moss cover and loosening the surface. On slightly matted sandy and sandy-silt soils in the same zone shallow preparation is effected to a depth of 5-7 cm. and on matted soils—10-15 cm. On over-moistened soils, plots are shaped like hillocks, 12-15 cm. above the level of the soil.

To achieve the desirable results from sowing or planting forests it is necessary to take into account the biological and ecological distinctions of different tree varieties included in a stand and the character of their reciprocating influence on forest environment; at the same time it should be realized that the reciprocating influence of tree varieties in different age periods will be different.

In breeding tree varieties tree and shrub species are so planted as to make the tree crowns meet as soon as possible. This will help to increase the resistance of stands against adverse conditions of the natural environment and the harmful influence of weeds, and will accelerate the formation of forest conditions.

Tree planting and sowing is mainly effected in rows. The purpose of this or any other way of creating stands depends on the state of the area to be afforested, the extent of matting, presence of stumps, steepness of slopes, etc. For a better application of machines different tree and shrub varieties are usually sown in unmixed rows or by mixing not more than two varieties in a row.

Afforestation is carried into practice by means of sowing or planting. The sowing of an area is effected by introducing seeds of tree and shrub varieties which do not require stratification, i. e., coniferous varieties: pine (*Pinus silvestris* L.) and spruce (*Picea excelsa* Link.), deciduous varieties: oak (*Quercus robur* L.), walnut (*Juglans regia* L.), Siberian Peashrub (*Caragana arborescens* Lam.) and Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.).

The method of sowing oak by the pocket system practiced on a wide scale in steppe afforestation in the southeast of the European part of the USSR has proved to be impracticable. Plants develop worse in pockets than in rows, and the entire process requires considerable manual work. At present oaks are sown in most cases in rows and in evenly broken rows.

Forest restoration practice on vast areas became possible due to the wide application of mechanization in all processes of silviculture.

Sowing, planting and forest maintenance are done by a hook-up of machinery working together as this ensures a more rational use of tractor-drawn power.

Thus, for sowing purposes, the aggregate is composed of three tree-planting machines SLC-1 drawn by tractor DT-54 (CTZ-NATI).

For seeding oak varieties together with shrubs the aggregate is composed of one sowing machine SL-4a— to sow acorns and two tree-planting machines SLC-1 to plant rows of shrubs. The size of the machines used makes it impossible to couple them in one row when the space between rows equals 1.5 m. Therefore, the middle machine in the aggregate is coupled by means of an additional clutch.

To plant stands with a predominance of oak the aggregate should consist of two sowing machines SL-4a for sowing acorns and one tree-planting machine SLC-1 for sowing shrub varieties. In those cases when oak is replaced by pine, the work is carried on by 3-row planting aggregates. The 5-row planting-sowing aggregate which is more practicable consists of three tree-planting machines SLC-1 and 2 sowing machines SL-4a. This aggregate is not used in all areas. In particular, in areas with ravines where turns occur frequently and slopes are steep the manoeuvring of this aggregate is difficult because of its unwieldiness.

The maintenance of planted and sown areas clear of stumps is carried out by the 3-section cultivator KLT-4, 5B and if the space between rows is the same with deviations not exceeding ± 10 cm., by the cultivator KUTS-2.8.

The cultivator KLT-4, 5B is drawn by tractors KDP-35, KD-35 and DT-54 (STZ-NATI) and the cultivator KUTS-2.8— by the tractor U-2.

The large territory occupied by the USSR with its variety of soil and climatic factors requires the use of different agronomical methods in forestry practice. In the forest and forest-steppe zones on clear- and selection-felling areas and those cleared by recent forest fires and in coniferous forests with sandy and slightly podzol soils, partial cultivation of the soil is adhered to in order to obtain general porosity of the upper layer. This is achieved by loosening the soil to a depth of 4-8 cm. depending on the depth of humus layer.

In the forest zone forest restoration processes are regulated by an adequate number of clear and selection fellings made so as to leave pericarps both in pure pine plantations and in mixed stands and by loosening the soil on areas to be felled. To further natural regeneration, soil loosening is done by tractors.

At present scientific research institutes and designing bureaus of the USSR are working to perfect existing silvicultural machines and instruments and to design new ones in order to mechanize all the labour processes in silviculture and the timber industry.

*The Forestry and Shelter-Belt Planting
Administration of the Ministry of Agriculture
of the USSR*

В. З. ГУЛИСАШВИЛИ

**ВОПРОСЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА
В ГОРНЫХ ЛЕСАХ**

V. Z. GULISASHVILI

**PROBLEMS OF SILVICULTURAL PRACTICE
IN MOUNTAIN FORESTS**

ВОПРОСЫ ВЕДЕНИЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА В ГОРНЫХ ЛЕСАХ

Все большее применение древесины в разных отраслях хозяйственной деятельности человека и возросшая потребность в ней ставят вопрос о включении в эксплуатацию не использовавшихся ранее лесных массивов, занимающих склоны горных систем.

Важное значение горных лесов, помимо получения древесины, заключается в том, что они выполняют водоохранные, почвозащитные и климаторегулирующие функции. Особую ценность имеют горные леса, среди которых расположены курорты. Ведение хозяйства в этих лесах должно быть направлено на улучшение климатических условий и повышение целебных свойств курортов климатического характера, а также на сохранение постоянства дебита минеральных источников курортов бальнеологического значения.

Многообразная роль горных лесов усложняет методы ведения в них хозяйства.

Основной задачей ведения хозяйства в горных лесах является организация пользования древесиной без нарушения водоохранных, почвозащитных и иных функций этих лесов. Для успешного разрешения этой задачи следует выяснить роль растительности лесного пояса, а также других поясов в гидрологии страны и установить наиболее рациональные формы лесного хозяйства, особенно системы рубок. Исследования по этим вопросам, проведенные в горных лесах Закавказья, показали, что в гидрологии горных стран основную роль играют воды, получаемые при таянии ледников, а также осадки, выпадающие на склонах нижележащих вертикальных поясов. Основная часть площади горных склонов распределяется между

поясом альпийских лугов и поясом лесной растительности. Эти вертикальные пояса отличаются не только характером растительности, но и особенностями почвенных условий; поэтому, надо полагать, их гидрологическая роль также не одинакова. Для водного режима горных стран огромное значение имеет характер поверхностного и внутрипочвенного стока дождевых и талых вод как в альпийском, так и в лесном поясе.

На южных склонах Главного Кавказского хребта и на северных склонах Триалетского хребта, входящего в горную систему Малого Кавказа, почвы альпийского пояса в период таяния снега бывают промерзшими, тогда как почвы под пологом леса не промерзают. Вследствие этого водопроницаемость почв альпийского пояса в период таяния снега гораздо ниже, чем у почв лесного пояса. Так, если почва лесного пояса в период таяния снега пропускала в минуту слой воды высотой 4—5 см, то в почву альпийского пояса просачивался слой высотой лишь 0,05 см. Плохая водопроницаемость почв альпийского пояса в период таяния снега способствует увеличению вредного поверхностного стока, оказывая отрицательное влияние на водный режим страны.

Эта разница во внутрипочвенном стоке наблюдается также в период выпадения летних осадков, что объясняется разницей в физических свойствах почв этих двух вертикальных поясов (табл. 1).

Как видно из приведенных данных, некапиллярная скважность почв лесного пояса, определяющая водопроницаемость, в обоих случаях больше, чем у почв альпийского пояса, вследствие чего и водопроницаемость почв лесного пояса гораздо выше, чем у почв альпийского пояса. Сказанное дает основание полагать, что как во время таяния снегов, так и в период летних осадков растительность и почвы альпийского пояса способствуют увеличению вредного поверхностного стока, сокращая полезный внутрипочвенный сток, тогда как лесной пояс оказывает положительное влияние на распределение стекающих по склонам вод.

Учитывая положительное значение растительности и почв лесного пояса для гидрологии страны, лесное хозяйство своими мероприятиями должно препятствовать снижению альпийской

Т а б л и ц а 1
Скважность и водопроницаемость почв

Место взятия образца	Общая порозность, %	Капиллярная связанность, %	Некапиллярная связанность, %	Водопроницаемость (высота слоя воды, просочившейся в 1 мин., в см)
Главный Кавказский хребет				
<i>Лесной пояс</i>				
Вуковый лес. Возраст 100—120 лет. Полнота 0,6. Почва — лесной бурозем	62,1	52,5	9,6	3,9
<i>Альпийский пояс</i>				
Альпийский луг. Горнолуговая почва	65,1	62,5	2,6	0,45
Триалетский хребет (Малый Кавказ)				
<i>Елово-пихтовые леса</i>				
80—100 лет. Полнота 0,7. Почва — лесной бурозем	61,3	53,1	8,2	1,4
<i>Альпийский пояс</i>				
Горнолуговая почва	89,9	84,3	5,6	0,4

границы леса. Исследование почв вторичных альпийских лугов Цив-Гомборгского хребта, возникших в результате вырубki лесов и снижения альпийской границы леса, показало, что в результате вырубki лесов, под воздействием вторичной альпийской растительности, лесная почва потеряла гумусовый покров и ореховатую структуру, а ее физические свойства ухудшились; особенно сильно уменьшилась величина некапиллярной скважности и снизилась водопроницаемость почвы. Отсюда — необходимость бережного отношения к лесам субальпийского пояса, которые, помимо выполнения указанных выше положительных функций, служат также защитой против снежных лавин.

Правильность ведения лесного хозяйства в горных лесах, сочетающего максимальное пользование древесиной с сохранением водоохраных и почвозащитных функций этих лесов, определяется прежде всего системами рубок. Многочисленными исследованиями доказано, что при проведении сплошных рубок полностью нарушаются водоохраные и почвозащитные функции горных лесов. Сплошные рубки приводят к таким вредным последствиям, как исчезновение лесной подстилки, промерзание верхнего горизонта почвы, быстрое таяние снега, а главное — ухудшение физических свойств почвы, особенно же уменьшение величины некапиллярной скимкости почв и обусловленное этим снижение водопроницаемости почвы. Все исследования, проведенные как в поясе дубовых лесов, так и в поясе буковых и елово-пихтовых лесов Главного Кавказского хребта, а также на отдельных хребтах Малого Кавказа, подтвердили отрицательное влияние сплошных рубок на водоохраные и почвозащитные функции леса. На основании этого лесное хозяйство Закавказья отказалось от проведения сплошных рубок на горных склонах Кавказа в насаждениях бука, ели, пихты и др.

Сохранение водоохраных и почвозащитных функций горных лесов наиболее полно обеспечивают рубки добровольно-выборочные, группово-выборочные и постепенные, установленные в лесных хозяйствах Закавказья.

Добровольно-выборочные рубки наиболее часто применяются в густо населенных районах, где равномерность пользования лесом является наиболее важным принципом хозяйства. Удовлетворить промышленные предприятия, потребляющие большое количество древесины, за сравнительно короткий период, период амортизации предприятия, наиболее удобно группово-выборочными и постепенными рубками. Весьма целесообразны группово-выборочные рубки, так как при такой системе возможные ошибки допускаются на сравнительно небольшой площади окон, выправление которых не представляет большой трудности для хозяйства. Однако применение и этих рубок ограничено. В лесах из ветровальных пород — ели, бука, пихты — они трудно применимы на крутых склонах, где насаждения этих пород наиболее подвержены ветровалу.

Как известно, проведение выборочных рубок затруднительно в насаждениях световых пород — сосны, березы и дуба, так как подрост этих пород под материнским пологом из-за недостатка света отмирает. Однако исследования показали, что на крутых склонах Главного Кавказского хребта и Малого Кавказа с мало развитыми каменистыми почвами световые породы — сосна, береза, дуб — создают разомкнутые, разновозрастные насаждения, которые возобновляются беспрепятственно, а подрост обеспечен достаточным для нормального развития освещением. Проведение выборочных рубок в насаждениях такого характера в условиях Кавказа вполне оправдалось, тогда как на пологих склонах с глубокими почвами, где эти породы создают сомкнутые одновозрастные насаждения, возможно проведение лишь группово-выборочных и постепенных рубок.

В отдаленных частях горных лесов, поскольку вывозка оттуда дровяной древесины нерентабельна, используется только деловой лес, потребляемый как промышленными, так и строительными предприятиями и населением. В этих условиях сплошные, постепенные, группово-выборочные и добровольно-выборочные рубки, при которых вырубаются и деловые и дровяные стволы, не применимы. Единственно возможны в данном случае промышленно-выборочные рубки, при которых вырубаются лишь деловые стволы выше определенного диаметра. Однако при неурегулированности рубок этой системы происходит истощение лесов и их чрезмерное изреживание, создаются неблагоприятные условия возобновления, наблюдается потеря лесом устойчивости и, что самое важное, снижаются водоохранные и почвозащитные свойства леса.

При решении вопроса об эксплуатации этих лесов весьма важно установить ту степень интенсивности рубок, при которой возможно максимальное использование леса без нарушения его водоохранных и почвозащитных функций. Исследования, проведенные в буковых и елово-пихтовых лесах как на склонах Главного Кавказского хребта, так и на отдельных хребтах Малого Кавказа, показали, что оптимальные условия возобновления бука восточного, ели восточной, пихты кавказской наблюдаются при интенсивности рубок с доведением полноты леса до 0,5 — не ниже.

Таблица 2

Количество подроста на 1 га

	Полнота леса						
	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,1
Елово-пихтовый	2932	4598	7505	9360	3690	1680	—
Буковый	3500	3800	10 200	19 000	8900	3500	600

В лесах и выше и ниже средней полноты (0,5—0,6) количество подроста сильно уменьшается: в первом случае — в основном из-за недостатка света, во втором же — под влиянием температурных крайностей, а также вследствие конкуренции со стороны травяной растительности (табл. 2). Кроме того, при чрезмерной интенсивности рубок, когда полнота леса становится ниже 0,5, резко ухудшаются физические свойства почвы, падает величина некапиллярной скважности ее и снижается водопроницаемость (табл. 3).

Таблица 3

Изменение скважности и водопроницаемости почв в зависимости от полноты леса

Лес и почва	Полнота леса	Общая поровность, %	Капиллярная скважность, %	Некапиллярная скважность, %	Водопроницаемость (слой воды, просочившейся за 1 мин. в см)
Буковый. Лесной бурозем	0,8	65,3	54,0	11,3	4,0
	0,5	62,4	51,0	11,4	2,6
	0,3	54,5	47,0	7,5	0,5
	0,1	50,8	47,6	3,2	0,1
Елово-пихтовый. Лесной бурозем с признаками оподзоливания	0,8	60,1	45,4	14,7	3,3
	0,5	56,9	45,8	11,1	1,4
	0,3	50,1	43,0	7,1	0,7
	0,1	53,6	46,1	7,5	0,8

Величина некапиллярной скважности и водопроницаемость почв насаждений, изреженных рубками чрезмерной интенсивности (полнота 0,3), почти такие же, как и на лесосеках сплошных рубок, и резко отличаются в худшую сторону от некапиллярной скважности и водопроницаемости насаждений, пройденных выборочными рубками малой интенсивности (полнота 0,8) и средней интенсивности (полнота 0,5).

Таким образом, основные показатели водоохраннх свойств почвы ухудшаются при падении полноты леса ниже 0,5. Многолетние наблюдения над стоком, проведенные на южных склонах Главного Кавказского хребта (Кахетия), показали, что сток в бассейне реки, покрытом насаждениями, пройденными рубками средней интенсивности, носит равномерный характер, тогда как в бассейне реки, покрытом лесами, изреженными выборочной рубкой высокой интенсивности, сток характеризуется большими колебаниями. Твердый же сток в бассейне с сильно изреженными лесами в двадцать раз превосходит сток в бассейне, покрытом средне изреженными насаждениями. Следовательно, в результате выборочных рубок сильной интенсивности почвозащитные свойства лесов также нарушаются. Наряду с этим при чрезмерном изреживании леса наблюдаются ветровальность и суховершинность оставшихся на корню деревьев.

Отсюда ясна необходимость регулирования промышленно-выборочных рубок. Основные требования в этом отношении сводятся к следующему. Необходимо, чтобы выборка деловых стволов на площади рубок была равномерной, а допустимая максимальная интенсивность рубок обеспечивала оставление на корню насаждения со средней полнотой не ниже 0,5—0,6, которая не должна снижаться в дальнейшем до создания густого подроста, обеспечивающего водорегулирующие и почвозащитные функции леса.

При таком регулировании промышленно-выборочных рубок, как показывает практика лесного хозяйства, на горных склонах Закавказья, в буковых и елово-пихтовых лесах, обеспечивается естественное возобновление горных лесов и сохраняются их водоохраннх и почвозащитные функции.

Значительная часть горных лесов Кавказа выделена в категорию лесов курортного значения. Основы ведения хозяйства в горных лесах этой категории имеют несколько иной характер.

Значение лесов, примыкающих к курортам бальнеологического характера—Боржоми, Железноводску, Пятигорску, Цхалтубо и др., заключается в их благотворном влиянии на дебит минеральных источников. Все минеральные источники, согласно данным Зюсса, делятся на водозные, происхождение которых связано со стоком осадочных вод в глубину почвы, ювенильные, связанные с водой глубинных слоев земли, и смешанного происхождения. Большая часть минеральных источников имеет водозный характер, так как связана с глубинным стоком дождевых и талых вод в почвы.

Боржомские минеральные источники по своему происхождению относятся к водозным; они имеют площадь питания в несколько десятков тысяч гектаров, преимущественно покрытых лесом. Значение этих лесов, регулирующих сток дождевых и талых снеговых вод, трудно переоценить. Способствуя глубинному стоку и сокращая вредный поверхностный сток, леса, покрывающие склоны бассейна питания минеральных источников, поддерживают постоянство дебита источников. Применяемые здесь виды рубок главного пользования — выборочные и группово-выборочные — вполне отвечают основному назначению этих лесов как водорегулирующих и почвозащитных. В этом и заключается их бальнеологическое значение.

Леса имеют большое значение и для курортов климатического характера. Наука о климатотерапии давно отмечала целебные свойства лесного климата, для которого характерны следующие особенности: отсутствие ветра, чистота атмосферы, прохлада, высокая относительная влажность воздуха. Важным фактором климата, влияющим на человека через кожу и легкие, является температура, от которой зависят теплоотдача, испарение и кровообращение человеческого тела. При высокой температуре механизм терморегуляции человека может оказаться недостаточным, вследствие чего происходит перегрев тела, который может повлечь за собой даже тепловой удар. Известно, насколько мощным регулятором крайних температур является лес.

Не менее сильно влияет на самочувствие человека ветер. Его действие особенно ощущают подагрики, ревматики и люди с расстроенной нервной системой, испытывая упадок настроения, головные боли и боли в суставах. Под влиянием ветра возникают разнообразные заболевания. Между тем известно, насколько мощным фактором регулирования скорости ветра является лес. Наши курорты, как, например, Цхалтубо и другие, окруженные плотным кольцом естественного леса или ветрозащитных полос, за советский период были покрыты густыми лесонарками, благодаря чему создались лучшие условия для лечения больных.

Теплоощущение человека является весьма важным фактором, определяющим его самочувствие. Нарушение теплового равновесия человека в сторону перегревания или охлаждения вызывает дурное самочувствие. В настоящее время доказано, что теплоощущение человека зависит от совокупного действия тепла, влажности воздуха и силы ветра. Степень физиологического охлаждения, т. е. количество тепла, которое отдает человек при данных условиях температуры, влажности воздуха и скорости ветра, играет огромную роль в медицинской климатологии и тесно связано с климатотерапией человека. В результате комплексного действия температуры, влажности воздуха и скорости его движения создается так называемая «эффективная температура». Такое сочетание этих трех элементов климата, при котором человек испытывает наилучшее самочувствие, называется «зоной комфорта». За зону комфорта принимается область эффективных температур в пределах несколько выше 17° и немного ниже 22°. В этих пределах 50% одетых людей испытывают нормальное самоощущение. При оценке климатолечебных свойств того или иного курорта эффективные температуры часто являются решающим показателем. Наилучший климатический курорт имеет наибольшее количество дней с комфортными эффективными температурами. Лес, сильно влияющий на температуру, влажность воздуха и скорость ветра, может служить мощным фактором регулирования эффективной температуры. Учитывая неодинаковое влияние насаждений отдельных древесных пород на температуру, влажность воздуха и скорость ветра, можно породным составом леса регулировать эффектив-

ные температуры. Степень и характер сомкнутости полога леса, оказывающие влияние на температуру, влажность воздуха и скорость его движения, также могут быть использованы для регулирования эффективных температур, позволяя создавать наибольшее количество часов и дней с комфортными эффективными температурами.

Влияние древесной породы, а также характера полога леса на эффективную температуру иллюстрируется данными табл. 4, полученными в лесу курорта Боржоми 21 июля в 3 часа дня.

Т а б л и ц а 4
Влияние древесной породы, а также характера полога леса на эффективную температуру

Место наблюдений	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость ветра, м/сек.	Эффективная температура, °С
Большое окно, окруженное сосново-еловым лесом	29	41	0,3	23,9
Сосняк средней полноты	28	41	0,5	23,0
Еловый лес высокой полноты	26	44	0,0	18,9
Небольшая поляна	27,8	41	0,1	22,6

Из этих данных видно, что эффективная температура в зоне комфорта (18,9°) создается только в еловом лесу высокой полноты, и самочувствие людей в этот час в еловом лесу нормальное. Как в окне, так в сосняке и на поляне эффективные температуры выше зоны комфорта (23,0—23,9°), и отдыхающие ощущают духоту. В иную погоду, с иным сочетанием температуры, влажности воздуха и скорости его движения, эффективные температуры в зоне комфорта наблюдаются в сосновом лесу, в окнах и т. д. Изучив климат и погоду какого-либо климатического курорта по отдельным месяцам и определив эффективные температуры в насаждениях отдельных пород с разной степенью и характером сомкнутости полога, можно установить для данного курорта как главную породу, так и характер насаждений, при которых обеспечивается наибольшее число дней с комфортными эффективными температурами.

Необходимо отметить значение лесов и в создании пейзажа, восприятие которого действует на человека. Это действие называют «ландшафтным рефлексом». На ландшафт сильнее всех реагируют больные-астеники. Лесной ландшафт действует на человека успокаивающим образом. С этой точки зрения важен состав леса, сочетание пород. Чистые насаждения, хвойные или лиственные, состоящие из одной породы, создают однообразный колорит, который быстро надоедает отдыхающим. При сочетании лиственных пород с хвойными пейзаж выигрывает в смысле красоты, однако чрезмерная пестрота будоражит и утомляет отдыхающего. Наиболее приемлемо умеренное смешение леса.

Все эти положения применены для обоснования хозяйства в горных лесах курортного значения, правильное ведение которого обеспечивает возможность максимального использования этих лесов в интересах народного хозяйства.

*Институт леса
Академии Наук Грузинской ССР
Тбилиси*

PROBLEMS OF SILVICULTURAL PRACTICE IN MOUNTAIN FORESTS

An ever-increasing use of and greater demand for timber in the different branches of the national economy give us grounds to deal with the problem of utilizing tremendous masses of virgin forests covering slopes of mountain ranges.

Besides supplying timber the significance of mountain forests lies in fulfilling functions of keeping river waters on a steady level, of protecting soil and regulating climate. The forests among which health resorts are situated have a special importance. Silvicultural practice in these forests is to improve climate conditions and raise salubrity of climatic resorts as well as to preserve stability of the debit of mineral springs in balneological resorts.

The significance of mountain forests being considerably varied methods of silvicultural practice are rather complicated.

The main task of silvicultural practice in mountain forests consists in utilizing them without violating water control, soil protecting and other functions of these forests. To successfully cope with this task it is necessary to ascertain the role of vegetation in the forest zone as well as in other zones of the country's hydrology and establish the most rational methods of forestry, especially ways of felling. Researches on these problems conducted as regards the mountain forests of Transcaucasia showed that the basic role in the hydrology of mountain countries is played by waters appearing as a result of glaciers melting, and also by precipitation dropping on the slopes of vertical zones which are situated lower. The main part of mountain slopes is distributed between the zone of alpine meadows and the forest vegetational zone. These vertical zones differ not only in the character of vegetation

but in peculiar soil factors as well, therefore it is supposed that their hydrological role is also not the same. Of great significance for the water control of mountainous countries is the character of surface and subsoil drainage of rain waters and melted snow both in the alpine and forest zones.

On the southern slopes of the Main Caucasian Range and on the slopes of the Trialet Range which is part of the mountain system of the Small Caucasus during the period of snow melting, soils are usually frozen through, whereas soils situated under the cover of forests are not frozen. Hence, the hygroscopicity of soils in the alpine zone within the period of snow melting is by far lower than the hygroscopicity of the forest zone soils. While the height of a layer of water penetrating into the soil of the forest zone in the period of snow melting equalled 4-5 cm. per minute, the height of a layer of water penetrated into the alpine zone soil was only 0.05 cm. The poor hygroscopicity of the alpine zone soils within a period of snow melting helps towards increasing harmful surface water drainage, thereby affecting badly the water control of the country.

This difference in subsoil drainage is also observed during the period of summer precipitation which can be explained by the difference in the physical soil properties of the two vertical zones (Table 1).

As is seen from the above-mentioned data, non-capillary porosity of the forest zone soils which determines water permeability is in both cases greater than that of the alpine zone soils because of which water permeability of the forest zone soils is also much greater than that of the alpine zone soils. All these data lead us to believe that within the period of snow melting and summer precipitations the vegetation and soils of the alpine zone further increase the harmful surface run-off, reducing useful subsoil run-off; whereas the forest zone exercises favourable influence over the distribution of waters flowing down along the slopes.

Taking into account the positive significance of vegetation and soils of the forest zone for the hydrology of the country, silviculturists should take measures against shifting the alpine forest border lower. The exploration of the subordinate alpine meadow soils of the Tsiv-Gomborg Range which appeared as a result of

Table 1
Porosity and water permeability of soils

Sample plots	General porosity, (in %)	Capillary porosity, (in %)	Non-capillary porous- ness (in %)	Waterpermeability (the height of a wa- ter layer in cm. pe- netrated per minute)
<i>Main Caucasian Range</i>				
<i>Forest zone</i>				
Beech forest. Age 100-200 years. Density 0.6.				
Forest — brown soil	62.1	52.5	9.6	3.9
<i>Alpine zone</i>				
Mountain meadows soil	65.1	62.5	2.6	0.45
<i>Trialet Range (Small Caucasus)</i>				
<i>Spruce and fir forests</i>				
80-100 years. Density 0.7. Forest brown soil	61.3	53.1	8.2	1.4
<i>Alpine zone</i>				
Mountain meadow soil	89.9	84.3	5.6	0.4

felling forests and shifting the alpine forest border lower showed that as a result of cutting under the influence of subordinate alpine vegetation the forest soil lost its humus cover and nutlike structure, its physical properties became worse, the non-capillary porousness considerably diminished and the soil became more permeable to water. Hence it is necessary to take special care of the forests of the sub-alpine zone which besides fulfilling the above-mentioned functions also serve as a shelter against snow avalanches.

The adequate management of forestry in mountain forests, which combines the maximum use of wood with preservation of their water control and soil protecting functions, is

determined, above all, by systems of cutting. Research work on a large scale has proved that in conducting clear cuttings the water control and soil protecting functions of mountain forests are completely put out of balance. Clear cuttings lead to such harmful consequences as disappearance of forest litter, frosting of the upper horizon of soil, rapid snow melting, while the most harmful consequence lies in worsening the physical properties of soil and especially in reducing the non-capillary porousness of soils and water permeability of soils caused by the reduced non-capillary porousness. Along with this, the entire research work carried out both in the zone of oak forests and in the zone of the beech and spruce-fir forests of the Main Caucasian Range as well as on separate ranges of the Small Caucasus has confirmed the adverse influence of clear cuttings on the water control and soil protecting functions of forest. That is why silviculturists of Transcaucasia gave up clear cuttings in stands composed of beech, spruce, fir-tree, etc.

Arbitrary selection, group-selection and gradual cuttings planned in Transcaucasian forestries ensure to the utmost degree preservation of water control and soil protecting functions of mountain forests.

Arbitrary selection cuttings are more often used in densely populated regions where a regular use of forests is the most important principle of forestry.

It is more practicable to satisfy factories and plants which make wide use of wood in a comparatively short period of time, the period of amortization of a given enterprise by applying selection and uniform cuttings. Group-selection cuttings are rational because by this method possible mistakes made on a comparatively small area of openings can be limited by these openings. However, the use of these methods of cutting is also limited. They are hardly applicable in forests composed of wind-fall species — spruce, beech and fir-tree — situated on steep slopes where stands composed of these species are most liable to wind-falls.

As is known, selection cuttings are hardly applicable in stands composed of heliophile species — pine, birch and oak — for the juvenile trees of these species die off under the maternal canopy

for want of light. Yet, research work showed that on the steep slopes of the Main Caucasian Range and the Small Caucasus with poorly developed rocky soils, heliophile species—pine, birch and oak — make uneven-aged, open stands, freely regenerating, and juvenile trees are provided with the light sufficient for their normal development. Selection cuttings in such stands in conditions of the Caucasus proved quite practicable whereas on inclining slopes with deep soils where these species make unclosed, even-aged stands only group-selection and gradual cuttings are possible.

In remote parts of mountain forests from which shipment of firewood is impracticable only dealwood is used to meet the demands of factories, plants, building enterprises and the population. In these conditions clear, uniform, group-selection and arbitrary selection cuttings of timber boles as well as boles for wood are not used. The only possible cuttings in this case are industrial selection fellings in which the trunks exceeding a certain diameter are felled.

However, when this method of cutting is not regulated, forests become depleted, lose their stability, adverse conditions for regeneration arise and, what is more important, the forests lose their water-control and soil-protecting properties.

In solving the problem of exploiting these forests great importance is attached to establishing such a degree of intensity of cutting which would provide conditions for the maximum exploitation of forest without putting out of balance its water control and soil protecting functions. The research made in the beech and spruce-fir forests both on the slopes of the Main Caucasian Range and on separate ranges of the Small Caucasus has shown that the optimum conditions for the regeneration of the Eastern Beech, Eastern Spruce, Caucasian Fir are observed when cut with such an intensity as to make the density of forest not less than 0.5.

In forests with a density above or less than the average one (0.5-0.6) the number of juvenile trees is considerably reduced, in the first case mainly for want of light, in the second case under the influence of critical temperatures and competition of grassy vegetation (Table 2).

Table 2
Number of juvenile trees per hectare

Forests	Stand density						
	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.0
Spruce-fir forest	2,932	4,598	7,505	9,360	3,690	1,680	—
Beech forest	3,500	3,800	10,200	19,000	8,900	3,500	600

Besides, when cuttings are too intense and forest density comes down to less than 0.5, physical properties of soil sharply worsen, its non-capillary porousness and water permeability decrease (Table 3).

*The alterations in porosity and water permeability of soils
as determined by the density of forest*

Stands and soils	The density of forest	General porosity, (in %)	Capillary porosity, (in %)	Non-capillary porosity (in %)	Hydroscopicity (layer of water in cm to penetration per minute)
Beech forest Forest brown soil	0.8	65.3	54.0	11.3	4.0
	0.5	62.4	51.0	11.4	2.6
	0.3	54.5	47.0	7.5	0.5
	0.1	50.8	47.6	3.2	0.1
Spruce-and-fir forest Forest brown soil noticeably podzolized	0.8	60.1	45.4	14.7	3.3
	0.5	56.9	45.8	11.1	1.4
	0.3	50.1	43.0	7.1	0.7
	0.1	53.6	46.1	7.5	0.8

The non-capillary porosity and hydroscopicity of the soils under the stands, thinned by too excessive cuttings (density — 0.3), are almost the same as on the areas after clear cutting and

sharply differ for the worst from the non-capillary porosity and hygroscopicity of the stands that have been cut by selection cuttings of small intensity (density — 0.8) and of medium intensity (density — 0.5).

Thus, the main water-control properties grow worse when the density of forest comes down below 0.5. Observations of drainage, which were held for years on the southern slopes of the Main Caucasian Range (Kakhetiya), have shown that the drainage in a river basin covered with stands that have been cut by medium-intensity cuttings is even by character, while in a river basin covered with forests thinned by selection cuttings of high intensity the drainage is largely varied. Moreover, solid drainage in a basin with too thinned forests exceeds 20 times that of a basin covered with the stands thinned on a medium scale. Consequently, after selection cuttings of high intensity soil-protecting functions of forests are also thrown out of balance. Along with this, once forests have been excessively thinned, the standing trees are subject to wind-fall and stag-headedness.

Hence, control of timber-selection cuttings should be resorted to. Here are the essential requirements for such control: selection of timber holes on the wood-cutting areas should be uniform while the utmost permissible intensity of cuttings should leave stands with a medium density not less than 0.5-0.6 untouched; cuttings must not start, until sufficiently thick saplings have grown which will contribute to the water-control and soil-protection functions of forest.

With this control of timber-selection cuttings as is known from silvicultural practice, on the mountain sides of Transcaucasia, in the spruce-and-fir forests, natural regeneration and preservation of water-control and soil-protection functions of mountain forests are maintained.

A considerable part of the Caucasian forests was singled out under the category of forests bordering on health resorts. The key methods for silvicultural practice in the mountain forests of this category are somewhat different.

The value of forests in the neighbourhood of the balneological resorts of Borzhomi, Zheleznovodsk, Pyatigorsk, Tskhaltubo,

etc., lies in that they act advantageously on the debit of the mineral springs. All the mineral springs according to Zuss fall into the classification of watering ones, the origin of which should be looked for in the run-off of precipitation waters deep into the earth, and juvenile springs which arise from the very depths of the earth, and also those of mixed origin. The bulk of mineral springs are of watering character because they are connected with hypogene draining of rain and snow melting waters.

The Borzhomi mineral springs by origin should be classed among watering ones; they are fed by an area of tens of thousands of hectares, mostly grown with forests. These forests are of great importance because they regulate the drainage of the rain and snow-melting waters. By helping towards deeper run-off as well as by reducing the harmful surface run-off the forests covering the slopes of the basin feeding the mineral springs keep the debit of the springs constant. Group and selection cuttings practiced here fully correspond to the task assigned them as water-regulators and the soil-protectors. So much for the balneological value of these forests.

Mountain forests are of considerable value also for climatic resorts. Climatic therapeutics has long before registered the salubrious value of the forest climate, whose characteristics are: absence of wind, purest atmosphere, coolness, and also comparatively high atmospheric humidity. Another important climatic factor is temperature, which affects man through his skin and lungs, controlling at the same time the heat emission, exhalation and blood circulation of his body. Under high temperature the entire mechanism of man's heat-regulation may prove insufficient, entailing the overheating of the body, and the latter may finally result in thermoplegia. You will recall that forest is the strongest regulator of critical temperatures.

No less strong is the effect of wind on people's health, especially those suffering from gout and rheumatism and also those whose nerves are at low ebb; thus, they experience depression, headache, and ache in the joints. The wind is apt to cause a whole variety of diseases. For all that, the forest is known to regulate the wind very well. In Soviet times our resorts, such as Tskhaltubo and the others, have been

enclosed by a dense ring of natural forests or by wind-breaking shelter-belts. These resorts have been planted with thick forest-gardens, the latter offering better conditions for the patient's treatment.

How warm man feels is an important factor on which his whole inner state depends. Once the heat regulation of man's body is thrown out of balance either due to overheating or overcooling it affects his inner state unfavourably. At present it has been proved that man's sensation of warmth depends on the combined action of warmth, atmospheric humidity and wind. The degree of physiological cooling, i. e., the amount of warmth emitted by man under the given temperature conditions, of atmospheric humidity and rate of wind play a great part in medical climatology and are closely connected with climatic therapeutics of man.

As a result of a complex effect of temperature, humidity and the rate of air movement, the so-called "effective temperature" is created. A combination of these three components of climate resulting in man's better health is called "zone of comfort". The "zone of comfort" is acknowledged to be the realm of "effective temperatures" ranging from a little over 17° C up to a little below 22° C. Within the limits of these temperatures 50 per cent of clothed people feel comfortable. So while appraising the climatic medicinal merits of one or another resort the effective temperatures are often decisive. The best climatic resort should have the greatest number of days with "comfortable" effective temperatures. The forest, which strongly influences the temperature, the humidity of air, and the rate of wind, can exercise a powerful control over "effective" temperatures. Considering the uneven influence of stands composed of individual tree species on the temperature, atmospheric humidity and on the rate of air movement, one may control the effective temperatures by varying the composition of the forest. The degree and nature of the density of leaf canopy, which influences the temperature, atmospheric humidity and the rate of wind also can be used to control the effective temperatures, thus providing for collecting the greatest possible number of hours and days with the "comfortable" effective temperatures.

The influence of tree species as well as of the nature of forest

canopy on the effective temperature is illustrated by the data of Table 4, as collected in the forest of Borzhomi resort on July 21 at 3 p. m.

Table 4

Influence of tree species, and also of nature of forest canopy on effective temperature

Observation point	Temperature (centigrade)	Relative humidity (in %)	Rate of wind (in m/sec)	Effective temperature (centigrade)
Large opening surrounded by pine-and-spruce forest	29	41	0.3	23.9
Pinery of medium density	28	41	0.5	23.0
Spruce forest of high density	26	44	0.0	18.9
Small clearing	27.8	41	0.1	22.6

You may observe from the above data that the "effective" temperature in the "zone of comfort" (18.9 centigrade) is achieved only in the spruce forest of high density and the state of health of people at this hour in the spruce forest is normal. While in the remaining points, in the opening, in the pinery and also in the clearing, the patients feel too hot, the "effective" temperature being over the "zone of comfort" (23.0-23.9°). In different weather, with a different combination of the temperature, atmospheric humidity and the rate of wind the effective temperatures in the "zone of comfort" are also registered in the pinery, in the openings, etc.

By making a study of climate and weather in some climatic resort for each separate month in succession and by determining the effective temperatures in the stands of individual species with a various degree and nature of the density of the crown-closure, one can determine for a given resort both the basic species and the character of stands that would provide the greatest number of days with the comfortable effective temperatures.

One cannot ignore the importance of forests in creating the landscape which also acts upon man. This action is called "landscape reflex". Asthenics are more sensitive to landscape than others.

Forest landscape has a soothing effect on man. From this point of view composition of forest is especially important, i. e., a combination of species.

Pure stands, both coniferous and deciduous consisting of one and the same species, make a monotonous impression and soon bores the patient. In contrast to this, when you have a combination of deciduous species with conifers the landscape gains much in beauty, yet the excessive diversity of colours excites and wearies the patient whereas a moderately mixed forest best meets the purpose.

All this justifies silvicultural practice in mountain forests around resorts, the adequate management of which provides for the utmost use of these forests to meet the needs of the national economy.

*The Institute of Forests
of the Academy of Sciences
of the Georgian Soviet Socialist Republic
Tbilisi*

И. Б. ВИППЕР

ГОРНЫЕ ЛЕСА СРЕДНЕЙ АЗИИ

P. B. WIPPER

MOUNTAIN FORESTS OF MIDDLE ASIA

ГОРНЫЕ ЛЕСА СРЕДНЕЙ АЗИИ

В пределах Средней Азии леса приурочены в основном к горным хребтам. Занимая относительно небольшие площади, они в то же время отличаются богатством видового состава. Среди них встречаются уникальные, реликтовые виды древесных и кустарниковых пород, имеющие большое значение в народном хозяйстве.

Горные леса Средней Азии являются источником получения не только технической древесины, карандашной дощечки и лесоматериалов, но также и ценных плодов (орех, фисташка, яблоня, груша, алыча, миндаль, инжир, хурма, гранат и др.), и сырья, содержащего витамин С, дубильные вещества и красители, смолы и эфирные масла. Одновременно они имеют и огромное водо- и почвозащитное значение, предохраняя склоны от оползания, а почвы от смыва, накапливая снег, трансформируя наземный сток в подземный и регулируя водный баланс рек, снабжающих основные сельскохозяйственные центры Средней Азии.

Современная организация лесного хозяйства в Средней Азии невозможна без учета естественнo-исторических условий, без изучения закономерностей топографического и пространственного размещения горных лесов, их динамики, производительности, сравнительной хозяйственной ценности и значения в народном хозяйстве страны.

Несмотря на горный рельеф Средней Азии, в значительной мере усложняющий проявление широтной зональности, при продвижении с севера на юг ясно намечаются закономерные изменения в характере, составе и вертикальных границах лесов, происходящие параллельно смене климатических условий.

На северном и центральном Тянь-Шане, на высоте 1500—2800 м над ур. м., распространены еловые леса, образованные елью Шренка (*Picea Schrenkiana* F. et M.), с примесью пихты Семенова (*Abies Semenowi* Fedtsch.). Ниже по вертикальному профилю они сменяются лиственными лесами из яблони (*Malus Sieversii* (Lab.) M. Roem.), нескольких видов боярышника и вишни, клена Семенова (*Acer Semenowi* Rgl. et Herd.), тополя, ясеня и осины. Эти леса не образуют сплошного пояса, а представлены отдельными фрагментами в наиболее увлажненных и защищенных от внешних влияний ущельях и долинах.

На западном Тянь-Шане и на Памиро-Алас, на высоте 1500—3000 м над ур. м., пояс еловых лесов сменяется арчевниками, образованными несколькими видами древовидных можжевельников (*Juniperus turkestanica* Kom., *J. semiglobosa* Rgl., *J. seravschanica* Kom., *J. turcomanica* B. Fedtsch.).

В наиболее благоприятных условиях произрастания, на высоте 1000—2000 м над ур. м., где горные хребты обеспечивают защиту от вхождения холодных масс воздуха, пояс арчевников прерывается поясом лиственных лесов, образованных на севере Памиро-Алайской горной системы реликтовыми орехово-плодовыми лесами (из *Juglans regia* L., *Malus kirghisorum* Al. et An. Theod., *Prunus sogdiana* Vass., *Exochorda tianschanica* Gontsch. и др.), а южнее — орехово-кленовыми лесами (из *Acer turkestanicum* Pax., *A. pubescens* Franch., *A. Regelii* Pax., *Fraxinus raibocarpa* Rgl. и др.). Наконец, в предгорьях южной части Памиро-Алая и на Копет-Даге, на высотах от 600 до 1500 м над ур. м., развиты фисташники, сменяющиеся местами зарослями плодовых: миндаля, инжира (*Ficus*), хурмы (*Diospyrus*), граната (*Punica*) и других пород.

Постепенное увеличение сухости климата и уменьшение количества выпадающих осадков при движении с севера на юг вызывают повышение вертикальных границ лесного пояса в южной части гор Средней Азии, а сложная история развития флоры и растительности этой горной страны определяет смену бореальных элементов на севере субтропическими элементами флоры на юге. Последнее отражается не только на составе лесов, но и на их структуре. В отличие от ельников и пихтарников, обычно ясно дифференцированных на типы и по условиям

местообитания и по растительности, сложные многовидовые орехово-плодовые и кленовые леса по растительности кажутся на первый взгляд или бесконечно разнообразными, или, наоборот, в постоянной сложности своего строения и пестроте состава весьма однообразными, недифференцированными. Но это впечатление чисто внешнее и касается только типов с близкими условиями местообитания, поскольку, по мере углубления различий в среде обитания, специфические особенности типов леса выявляются все резче, а границы их определяются все отчетливее и по характеру растительности.

ПИХТОВО-ЕЛОВЫЕ ЛЕСА

Леса, образованные елью *Picea Schrenkiana* F. et M., распространены в северо-восточной части Памиро-Алая, на Тянь-Шане и в Джунгарском Алатау. На восток ареал этого вида покрывает горы Китайского Туркестана, доходя на юго-востоке до восточной части Куэн-Луня, где соприкасается с северной границей распространения близкого вида — *Picea Wilsonii* Mast., а в районе оз. Куку-Нор контактирует с *P. crassifolia* Kom. В западном Тянь-Шане нижняя граница произрастания *P. Schrenkiana* F. et M. соприкасается с верхней границей распространения родственной с ней *P. Robertii* P. Vipp.— эндемом Чаткальского хребта, растущим среди ореховых лесов. Памир отделяет ареал *P. Schrenkiana* F. et M. от ареала *P. morinda* Link., развитой в Гималаях и на отрогах Гиндукуша.

Учитывая, что эволюционное развитие видов ели идет путем сокращения размеров шишек и кроющих чешуй и уменьшения опушения веточек, наиболее древним видом этой группы следует считать *P. morinda* Link. От нее через *P. Schrenkiana* F. et M. отходит несколько линий развития, крайние звенья которых — *P. Wilsonii* Mast. и *P. Robertii* P. Vipp. обнаруживают еще тенденцию к загипанию наружу переднего края семенной чешуи, что и свидетельствует об их большей молодости.

Значительно меньше, чем ель, в горах Средней Азии распространена близко родственная сибирской пихте *Abies Semenowi* Fedtsch., растущая только на западном Тянь-Шане.

Нижний предел распространения ели и пихты в северной

части ареала определяется конкуренцией с мощным травяным покровом, препятствующим возобновлению хвойных пород. На Тянь-Шане же, у южной границы ареала, распространение этих видов ограничивается конкурентными взаимоотношениями с другими древесными породами и, в частности, с *Juglans regia* L., что характерно и для распространенной на Гималаях *P. morinda* Link. Верхняя граница произрастания ели и пихты, несколько сниженная у *A. Semenowi* Fedtsch. по сравнению с елью и характеризующаяся ухудшением роста этих пород, лимитируется климатом.

Основными местообитаниями пихтово-еловых лесов являются склоны северной экспозиции, а также долины рек и ключей, где леса развиваются на маломощных бурых лесных почвах почти без признаков оподзоливания или деградации, что объясняется наличием боковых внутрипочвенных токов влаги, снабжающих почвенные горизонты обменными основаниями.

Пихтово-еловые леса Средней Азии, несомненно, имеют много сходства с северными таежными ельниками. Подобно последним, они в северной части ареала отличаются монодоминантностью, а в оптимальных условиях — простотой структуры, флористической бедностью; в их составе встречается много видов, общих с северными ельниками. Однако наряду с этим пихтово-еловые леса Средней Азии имеют и весьма оригинальные черты, глубоко отличающие их от северных аналогов. Прежде всего это — наличие в некоторых типах леса видов, свойственных субальпийским лугам, и участие в составе других типов леса многих форм субтропической флоры (широколиственных пород, кустарников и многих травянистых растений).

Благодаря значительному разнообразию климатических и почвенных условий произрастания пихтово-еловые леса характеризуются сравнительно большим разнообразием типов и имеют весьма различное природное и хозяйственное значение. По естественноисторическим особенностям хвойные леса можно разделить на следующие группы.

1. Высокогорные и субальпийские ельники, характеризующиеся сильным развитием в составе лесов высокогорных и субальпийских растений, разреженным, парковым характером древостоев и невысокой производительностью.

2. Арчевые и кустарниковые ельники и пихтово-еловые леса, развитые по крутым каменистым склонам и осыпям и характеризующиеся мощным развитием кустарников и вторым ярусом из древовидных можжевельников. Эта группа лесов отличается наиболее низкой производительностью.

3. Мшистые еловые и пихтово-еловые, главным образом среднегорные леса, отличающиеся наиболее бедным флористическим составом, простой структурой и высокой производительностью. В лесах этой группы наиболее сильно выражены черты лесов таежного типа.

4. Смешанные еловые и пихтово-еловые леса, характеризующиеся участием в составе всех ярусов многочисленных элементов субтропической флоры, наиболее сложным строением и высокой производительностью.

За исключением ельников и пихтово-еловых лесов, развитых на относительно пологих склонах, хвойные леса Средней Азии имеют крупное водоохранное и почвозащитное значение. Особенно крупную водо- и почвозащитную роль играют мшистые пихтово-еловые леса и арчевые и кустарниковые ельники, распространенные по крутым горным склонам и осыпям.

Пихтово-еловые леса дают основные запасы деловой древесины в Средней Азии, однако приуроченность к труднодоступным местам с резко пересеченным горным рельефом понижает лесопромышленное значение этих лесов.

При эксплуатации высокогорных и субальпийских ельников и смешанных пихтово-еловых лесов необходимо иметь в виду почти неизбежную смену пород на лесосеках сплошной рубки, так как быстро разрастающееся субальпийское и лесное разнотравье, свойственное обеим группам лесов, образует столь мощную дернину, что исключает возможность прорастания даже семян хвойных. Имеющийся же под пологом леса подрост в результате повреждений при вырубке совершенно не обеспечивает формирования новых хвойных древостоев. Поэтому в настоящее время основное внимание уделяется мероприятиям по искусственному возобновлению ели и пихты: увеличению выхода посевного материала путем предпосевной обработки семян, установлению оптимальных сроков посева, глубине заделки семян и уходу за сеянцами.

АРЧЕВЫЕ ЛЕСА

Арчевые леса в горах Средней Азии образованы значительным числом видов древовидных можжевельников. Наиболее широко распространены *Juniperus turkestanica* Kom., *J. semiglobosa* Rgl. и *J. seravschanica* Kom.

Арчевники из *J. turkestanica* Kom. встречаются на Тянь-Шане и на северных отрогах Памиро-Алайской горной системы. Принадлежит к ряду систематически близких видов, характеризующихся односемянным плодом. *J. turkestanica* Kom. соприкасается на востоке своего ареала, в горах Куэнь-Луня с близким видом — *J. centralasiatica* Kom. и далее с видами, распространенными в западном Китае, где и находится центр обитания группы односемянных можжевельников. Памир отделяет ареал туркестанской арчи от ареала другого близкого вида — *J. Wallichiana* Hook. f. et Thoms., растущего на Гималаях.

J. seravschanica Kom., приуроченная к горам западного Тянь-Шаня и Памиро-Алая, контактирует на южной границе ареала с близкими видами — *J. turcomanica* B. Fedtsch. и *J. polycarpus* C. Koch. и далее с группой видов, распространенных в пределах Средиземноморской области и характеризующихся 2—5-семянными плодами и слоем каменных клеток и идиобластов в их стенке.

Леса, образованные *J. semiglobosa* Rgl., приурочены к западному Тянь-Шаню и к северным отрогам Памиро-Алайской горной системы. *J. semiglobosa* Rgl., относящаяся к ряду можжевельников, отличающихся многоплодностью и мягкой и сочной плодовой стенкой, соприкасается на севере ареала с родственным видом — *J. sabina* L., а в горах Куэнь-Луня с близким видом — *J. jarkendensis* Kom.

Арчевники из *J. seravschanica* Kom. как наиболее ксерофитные спускаются ниже остальных можжевельниковых лесов, встречаясь на высотах 1400—2300 м над ур. м. Выше, от 2000 до 2500 м, распространены леса из *J. semiglobosa* Rgl. и, наконец, у верхних пределов произрастания арчи встречаются только арчевники из *J. turkestanica* Kom., приуроченные к высотам от 2000 до 3200 м над ур. м.

Арчевники, образованные упомянутыми тремя видами арчи, не всегда исключают друг друга и на высотах около 2200—2300 м над ур. м. часто образуют смешанные древостой.

Развитие арчевников у верхней границы распространения зависит от температурного потенциала вида: низкие температуры верхних поясов гор задерживают дальнейшее продвижение арчи, и поэтому, в отличие от остальной части вертикального профиля, где арчевники приурочены к склонам северной экспозиции, у верхнего предела можжевеловые леса располагаются на южных склонах. Нижняя граница распространения арчи ограничивается недостаточным количеством влаги.

Широкая амплитуда вертикального распространения арчи и связанное с этим разнообразие климатических и эдафических условий изменяют фитоценологическое значение арчи по мере поднятия в горы. Если в пределах арчевого пояса и у нижней границы субальпийского пояса арча образует сомкнутые древостой, то ниже, в степном поясе, а также в условиях скального режима, она представлена единичными, часто сильно угнетенными деревьями. Смыканию кроны арчи здесь препятствуют не только суровые экологические условия, но и незначительное количество семенного возобновления, что объясняется скатыванием плодов арчи вниз по склону под влиянием собственной тяжести и сносом их ветром.

В условиях же спокойного рельефа на мощных мелкоземистых почвах и при наличии достаточного увлажнения арча формирует типичные лесные сообщества, достигающие сомкнутости кроны 0,9—1,0 при высоте деревьев 16—20 м.

Высокая сомкнутость кроны, определенная высота древостоя и развитие оригинальных лесных почв, близких к бурым лесным почвам, свойственным пихтово-еловым лесам, свидетельствуют о сходстве арчевых лесов с типичными лесными сообществами, что необходимо учитывать в практике лесного хозяйства, считаясь с арчевниками как с лесным типом растительности. Вместе с тем специфическая структура арчевых лесов подчеркивает аридность климата и ксерофитность древесной растительности среднеазиатских гор и вообще южных гор восточной части древнего Средиземноморья вплоть до Закавказья и Крыма на западе.

По условиям местообитания, характеру растительности и производительности древостоев арчевники можно разделить на три группы.

1. Остепненные, главным образом низкогорные арчевники, характеризующиеся сильными признаками ксерофитизма и сосредоточивающие в себе наибольшее разнообразие ксерофитных форм и степных растений. Отличаются невысокой производительностью древостоев.

2. Кустарниковые арчевники, развитые по крутым скалистым склонам гор в крайне сухих даже для ксерофитных арчевников условиях произрастания. Характеризуются значительным развитием во втором ярусе кустарников, большим количеством ореофитов в составе травяного покрова и наиболее низкой производительностью.

3. Разнотравные, преимущественно среднегорные арчевники, отличающиеся наиболее сложным строением, богатством видового состава и наиболее высокой производительностью. В травяном покрове преобладают мезофильные элементы, свойственные лихтово-еловым и орехово-плодовым лесам.

Первые две группы типов объединяют леса, образованные всеми тремя видами арчи, а последняя группа, соответствующая наиболее мезофильным условиям, включает лишь арчевники, сформированные *J. turkestanica* Kom. и *J. semiglobosa* Rgl.

Арчевники, как и все остальные леса гор Средней Азии, имеют большое водоохранное и противозерозионное значение, причем особенно большая роль в этом отношении принадлежит кустарниковым арчевникам, развитым по наиболее крутым горным склонам и осыпям.

В хозяйственном отношении роль арчевников не менее велика, поскольку арча является основным источником получения карандашной древесины. В хозяйстве одновременно с получением карандашной доски необходимо организовать и использование хвои арчи для добывания из нее витамина С и арчевого масла, цедрольная фракция которого широко применяется в медицине.

При эксплуатации арчевников необходимо учитывать, что всходы арчи появляются в самых различных условиях, но только

при отсутствии конкуренции с древесной растительностью и травяным покровом и при наличии затенения в первые годы жизни можно ожидать нормального развития подроста. При современном развитии агротехники восстановление арчевых лесов в горах Средней Азии не может представлять больших трудностей. Важно лишь обеспечить предварительную обработку семян арчи химикатами и добиться хорошей приживаемости 3—5-летних сеянцев при пересадке весной на лесокультурные площади путем затенения саженцев разбросанным хворостом и мульчирования арчевой подстилкой.

ОРЕХОВО-ПЛОДОВЫЕ ЛЕСА

Орехово-плодовые леса Средней Азии не только представляют уникальное явление в природе как единственные в мире массивы своеобразных диких плодовых лесов, но и имеют большое народнохозяйственное значение, давая стране много сухих фруктов, плодов грецкого ореха, фисташки, витаминного сырья, ценной древесины и т. п.

Образованные реликтовыми растениями, связанными с мезофильными лесами третичного периода, — грецким орехом (*Juglans regia* L.), кленом туркестанским (*Acer turkestanicum* Pax.), яблоней киргизов (*Malus kirghisorum* Al. et An. Theod.), алычей согдийской (*Prunus sogdiana* Vass.), миндалем ильмолитным (*Amygdalus ulmiifolia* (Franch.) M. Pop.), кленом Семенова (*Acer Semenowi* Rgl. et Herl.), абелией (*Abelia corymbosa* Rgl.), экзохордой (*Exochorda tianschanica* Gontsch.) и несколькими видами боярышника, барбариса и шиповника, орехово-плодовые леса распространены на склонах северной экспозиции западного Тянь-Шаня и на отрогах Памиро-Алайской горной системы на высоте от 1000 до 2200 м над ур. м. Они расположены по глубоким ущельям или по склонам гор, защищенным отрогами горных хребтов с севера, что препятствует вхождению холодных масс воздуха в зимнее время года.

Орографической особенностью орехово-плодовых лесов является также и их приуроченность к вершинам углов, обращенных на запад и образованных крупными горными хребтами, задерживающими основную часть осадков, идущих с запада. Одна-

ко, несмотря на наиболее благоприятные условия увлажнения по сравнению с другими лесными формациями, орехово-плодовые леса в летний период сильно страдают от засухи.

Общие условия почвообразования с резкими сменами водного режима, протекающие на фоне высоких средних температур, определяют своеобразие черно-бурых почв, развитых под орехово-плодовыми лесами. Благодаря воздействию на почву травяного покрова, почвенной фауны и микробиологических процессов создаются особые физические свойства черно-бурых почв — хорошая структура, высокая водопроницаемость и влагоемкость, позволяющие полностью впитывать и удерживать все осадки, выпадающие в незасушливые месяцы. Существование орехово-плодовых лесов в период летней засухи возможно лишь благодаря этому свойству черно-бурых почв.

Богатство флоры древесными и кустарниковыми породами определяет сложность структуры орехово-плодовых лесов, их значительную вертикальную насыщенность и сомкнутость, что еще более усиливается большим разнообразием травянистых растений, образующих нижний ярус этих лесов.

По естественноисторическим особенностям, и в первую очередь по различиям в топографическом положении и производительности древостоя орехово-плодовые леса можно разделить на следующие группы типов.

1. Злаково-разнотравные орехово-плодовые леса, развитые на пологих склонах с глубокими черно-бурыми почвами и характеризующиеся трехъярусным древостоем и флористически богатым и разнообразным подлеском и травяным покровом. Отличаются высокой производительностью древостоев и обильным плодоношением ореха и других плодовых пород.

2. Злаковые орехово-плодовые леса, приуроченные к крутым склонам гор с маломощными черно-бурыми почвами и характеризующиеся более простой структурой и менее развитым и флористически более бедным подлеском и травяным покровом. Производительность и степень плодоношения значительно ниже, чем в предыдущей группе типов леса.

3. Кустарниковые орехово-плодовые леса, развитые на склонах южной экспозиции на маломощных, щебнистых и сухих черно-бурых почвах. Местообитания лесов этой группы харак-

теризуются значительной континентальностью микроклимата, что находит отражение и в растительности, отличающейся слабым развитием мезофильных древесных растений, значительным участием разнообразных гемиксерофильных видов в составе подлеска и травяного покрова и пониженной производительностью древостоев.

Представляя большое водо- и почвоохранное значение для сельского хозяйства межгорных оазисов, орехово-плодовые леса являются крупным источником ценнейших плодов и сырья. В них организуются хозяйства двух типов: 1) лесоплодовое — для получения плодов грецкого ореха, яблони, алычи и других плодовых пород, а также листа грецкого ореха для выработки витамина С и, наконец, древесины; 2) лесное — для получения древесины грецкого ореха и, в качестве побочного продукта, плодов. При организации обоих типов хозяйства обеспечивается и улучшение водоохранных свойств площади, на которой они ведутся.

Лесоплодовые хозяйства организуются в злаково-разнотравных орехово-плодовых лесах путем создания трехъярусных плодоносящих древостоев, состоящих в первом ярусе из грецкого ореха, во втором — из яблони и в третьем — из алычи.

Для превращения ореховых лесов и редиц ореха в трехъярусные, максимально плодоносящие древостои применяются реконструктивно-восстановительные рубки, в результате которых перестойные, малопродуктивные леса заменяются посредством порослевого возобновления новыми, полноценными древостоями. Отбор порослевых побегов, их прививка хозяйственно ценными сортами, искусственное окоренение облагороженных деревьев отводками и последующий уход значительно повышают производительность и долговечность деревьев грецкого ореха.

Поскольку путем порослевого возобновления можно восстановить только имеющееся в составе древостоя количество деревьев, при реконструкции орехово-плодовых лесов наряду с порослевым возобновлением широко применяются посев и посадка плодовых деревьев.

Хозяйство второго типа организуется в злаковых орехово-плодовых лесах путем создания одноярусных сомкнутых дре-

востоев с господством ореха с целью выращивания деловой древесины и улучшения водоохраных свойств площадей, занятых этими лесами.

ФИСТАШНИКИ

Ареал фисташки (*Pistacia vera* L.), развитой в полосе предгорий на высоте 700—1500 м над ур. м., охватывает юго-западный Тянь-Шань и отроги Памиро-Алая. В этих условиях фисташка приурочена к суглинистым и глинистым сероземам, развитым на лёссе, и к соленосным породам верхнемелового и нижнетретичного возрастов. Распространение фисташки связано с субтропическим континентальным климатом, характеризующимся длительным бездождным летом и высокими температурами воздуха, поднимающимися выше 40°. Учитывая, что фисташка всегда растет на горных породах, содержащих известь, т. е. на грунтах, легко пропускающих воду, эту породу следует отнести к разряду ярко выраженных ксерофитов.

Фисташка образует редкостойные, паркового характера древостой и заросли, что связано не только с ее светолюбием, но и с недостатком влаги в почве. Редкостойность фисташников объясняется, с одной стороны, конкуренцией корней за влагу между деревьями фисташки и основными компонентами пустынных и степных фитоценозов, в которых она растет, а с другой — частыми пожарами и рубками. Большая часть редины фисташки имеет вторичный характер, поэтому фисташники могут быть значительно уплотнены.

Образуя в основном стволы древовидной формы, фисташка у нижней границы распространения часто имеет кустообразную форму, что связано с действием палящих лучей солнца, под вредным влиянием которых фисташка теряет в первые годы жизни точку роста ствола и сильно кустится у корневой шейки.

Не образуя крупных сомкнутых массивов, фисташка распространена небольшими группами или одиночными стволами, чередующимися с совершенно не измененной древостоем пустынной или степной растительностью. Поэтому при выделении групп типов леса в первую очередь приходится считаться с характером растительного покрова, в значительной мере связанного с положением того или иного типа фисташника на вер-

тикальном профиле гор. По естественноисторическим особенностям можно выделить две группы фисташников:

1) пустынные фисташники, представленные в основном зарослями кустообразной фисташки и характеризующиеся невысокой производительностью и покровом из пустынных растений;

2) степные фисташники, расположенные у верхнего предела распространения этой формации и отличающиеся древовидной формой фисташки, набором степных видов в составе травяного покрова и более высокой производительностью.

Учитывая большое народнохозяйственное значение фисташки как ценной плодовой породы и как источника сырья, содержащего дубильные вещества и красители, хозяйство в фисташниках следует направлять на повышение урожайности существующих насаждений.

Основные мероприятия в фисташниках сводятся к уходу за насаждениями, формировке стволов, борьбе с вредителями, искусственному опылению для выработки правильного соотношения мужских и женских особей в насаждениях и к прививке высокоценными сортами.

Сложная природная обстановка гор Средней Азии, а также разнообразие пород и типов леса требуют проведения активных и широких лесохозяйственных мероприятий, дифференцированных в зависимости от естественноисторических особенностей лесного покрова.

Обширные и разнообразные исследования лесов, проведенные в различных районах Средней Азии по изучению взаимодействий растительности с почвами, рельефом и климатом, позволяют, применяя различные агротехнические мероприятия, сознательно, творчески подойти к использованию и преобразованию растительного покрова путем усовершенствования существующих и разработки новых способов и приемов реконструкции и выращивания лесных древостоев.

В связи с этим дальнейшее направление работ по увеличению производительности горных лесов Средней Азии, естественно, будет идти двумя путями.

Разработкой специальных мероприятий необходимо улучшать организацию и ведение лесного хозяйства в лиственных

и орехово-плодовых лесах, имея в виду усиление их водоохранного значения, повышение количества и качества их продукции и возобновление наиболее ценными породами.

Создавая наилучшие условия для использования всех средств производства лесозаготовительной промышленности в хвойных лесах, в то же время следует обеспечивать восстановление древостоев на вырубленных площадях, сочетая эти мероприятия с максимальным использованием производительности почв и повышением почво- и водоохранных свойств этих лесов.

Разработка этих мероприятий должна основываться на широких комплексных исследованиях природных лесорастительных условий (климатических, гидрологических, почвенных и геоботанических), проводимых экспедиционным путем. Одновременно необходимо детальное стационарное изучение взаимодействий растительности и среды, которое должно быть дополнено еще эколого-физиологическим исследованием древесных пород и микробиологическим изучением почвы.

*Институт леса
Академии Наук СССР
Москва*

MOUNTAIN FORESTS OF MIDDLE ASIA

In Middle Asia forests grow mainly on mountain crests. Although they cover comparatively small areas, these forests are characterized by an abundance of species. Among them are unique relic species of trees and shrubs which play a very important part in the national economy.

It is not only technical timber, pencilwood and wood materials that are obtained from the mountain forests of Middle Asia. There are trees in these forests which bear such valuable fruits as nut, pistachio, apple, pear, cherry plum, almond, fig, persimmon, pomegranate, etc. At the same time these forests are a source of raw material containing vitamin C, tannin, dyestuffs, resin and essential oils. In addition, these forests play a very important role in water and soil preservation; they prevent landslides and inundation, they accumulate snow, transform the surface run-off into subsoil and regulate water distribution in the rivers which feed the main agricultural centers of Middle Asia.

Up-to-date methods of forest economy in Middle Asia are impossible without taking into account natural and historical conditions, without studying the regularities of topographical and territorial distribution of mountain forests, of their dynamics, productivity and their comparative value and importance for the national economy of the country.

Although the mountain relief of Middle Asia presents a serious obstacle to the formation of latitudinal zones, regular changes in the character, composition and vertical limits of forests that occur parallel with the changes in the climatic conditions are clearly manifested in the direction from north to south.

Coniferous forests consisting of Schrenk's spruce (*Picea Schrenkiana* F. et M.) mixed with Semyonov's fir (*Abies Semenowi* Fedtsch.) cover regions situated in the northern and central Tien-Shan at a height of 1,500-2,800 meters above sea level. Lower down, along a vertical profile, they are replaced by deciduous forests consisting of apple trees (*Malus Sieversii* (Ldb.) M. Roem), several species of hawthorn and cherry, Semyonov's maple (*Acer Semenowi* Rgl. et Herd.), poplar, ash and aspen. These forests do not form a solid belt but are represented by separate fragments in valleys and ravines that have enough moisture and are protected from external influences.

In the western Tien-Shan and Pamiro-Alai, at a height of 1,500-3,000 meters above sea level, spruce-and-fir forests are replaced by arborescent juniper woods which include several species: *Juniperus turkestanica* Kom., *J. semiglobosa* Rgl., *J. seravshanica* Kom., *J. turcomanica* B. Fedtsch.

At a height of 1,000-2,000 meters above sea level, in regions with a more favourable environment, where they are sheltered from the intrusion of cold air by mountain ranges, the belt of arborescent juniper forests is interrupted by a belt of deciduous woods which includes relic nut-and-fruit-forests (*Juglans regia* L., *Malus kirghisorum* Al. et An. Theod., *Prunus sogdiana* Vass. *Exochorda tianschanica* Gontsch. etc.) growing in the north of the Pamiro-Alai mountain chain and nut-and-maple forests (*Acer turkestanicum* Pax., *A. pubescens* Franch., *A. Regelii* Pax., *Fraxinus raibocarpa* Rgl. etc.), growing more to the south. Lastly, at the foothills of the southern part of the Pamiro-Alai and on the Kopetdag, at a height of 600-1,500 meters above sea level, grow pistachio woods which in some places are replaced by fruit groves: almond, fig (*Ficus*), persimmon (*Diospyrus*), pomegranate (*Punica*) and other species.

In the direction from north to south the climate gradually becomes drier and the amount of precipitations decreases; this is why on the southern slopes of Middle Asian mountains vertical limits of the forest belt are higher than on the northern slopes, whereas the complicated history of development of the flora and vegetation of this mountainous country determines the replacement of the boreal elements in the north by the subtropical

elements of flora in the south. The latter circumstance influences not only the composition of the forests but their structure. In contrast to spruce and fir forests which as a rule are clearly differentiated into types both according to their environment and vegetation, the complicated nut-and-fruit and maple forests seem, at first glance, either infinitely diverse as far as their vegetation is concerned or, on the contrary, rather monotonously undifferentiated regardless of the constant complexity of their structure and diversity of their composition. But it is a purely superficial impression and holds good only for types with similar surroundings because the more the differences in the environment increase the more sharply the specific features of forest types are manifested and the more distinct become their differences according to vegetation also.

SPRUCE-AND-FIR FORESTS

Forests consisting of spruce trees *Picea Schrenkiana* F. et M. grow in the northeastern part of the Pamiro-Alai, in the Tien-Shan and Djungar Alatau. In the east the area covered by this species extends as far as the mountains of Chinese Turkestan, reaching in the southeast to the eastern part of Kuenlun where it touches upon the northern boundary of distribution of the related species *Picea Wilsonii* Mast. and in the vicinity of Lake Kuku-Nor it comes in contact with *P. crassifolia* Kom. In western Tien-Shan the lower boundary of the vegetation of *P. Schrenkiana* F. et M. touches upon the upper boundary of distribution of the closely related species *P. Robertii* P. Vipp. endemical of the Chatkal Range growing in the nut forests. The Pamir separates the area of *P. Schrenkiana* F. et M. from the area of *P. morinda* Link., the latter growing in the Himalaya and on the mountain chain of the Hindu-Kush.

In the course of the evolutionary development of all spruce species, the cones and seed-scales grow smaller and their twigs become less bushy. On the basis of this observation we may assume that the most ancient among this spruce group is *P. morinda* Link. From *P. morinda* Link., through *P. Schrenkiana* F. et M., proceed several branches of development whose extreme links are

P. Wilsonii Mast. and *P. Robertii* P. Vipp. They exhibit a tendency to turn the front edge of the seed-scale outwards which testifies to their comparatively young age.

Abies Semenowi Fedtsch., which grows exclusively in the western Tien-Shan and is closely related to the Siberian fir, is met with far more seldom than the spruce tree in the mountains of Middle Asia.

The lower boundary of the distribution of spruce and fir in the northern part of the area is determined by the competition with the vigorous stand of grass which is an obstacle to the regeneration of coniferous trees. And in Tien-Shan, at the southern boundary of the area, the distribution of these species is limited by competition with other species of trees, for example, with *Juglans regia* L., which is also typical for *P. morinda* Link. growing on the Himalaya. The upper boundary of spruce and fir distribution is determined by the climate: it is somewhat lower in the case of *A. Semenowi* Fedtsch. as compared to the spruce tree and is characterized by the deterioration in the growth of these species.

Spruce-and-fir forests are located, mainly, on the northern slopes and in the valleys of rivers and springs where forests grow on poor brown forest soils which have almost no traces of podzol or degradation; this latter circumstance is explained by the existence of side underground flows of moisture which bountifully provide soil horizons with changing cations.

There is no doubt that the spruce-and-fir forests of Middle Asia resemble very much the northern taiga spruce woods. Like the latter, they are characterized by the predominance of one species in the northern part of the area and in optimum conditions are distinguished by simplicity of structure and poverty of flora; they include many species common with the northern spruce forests. However, along with this similarity, the spruce-and-fir forests of Middle Asia have peculiar characteristics quite distinct from those of the northern woods. These include, in the first place, the existence in some forest types of species characteristic of sub-alpine meadows and in other forest types many forms of sub-tropical flora (broad-leaved trees, shrubs and herbaceous plants).

Since the climatic and soil conditions under which the spruce and fir forests grow are very diverse, these forests are characterized by a comparatively large number of forest types and have multifold natural and economic significance. According to the natural and historical peculiarities coniferous forests can be divided into the following groups:

1. High mountainous and sub-alpine spruce forests characterized by strong development of high mountainous and sub-alpine plants, by the sparse, park-like character of the tree stands and by their low productivity.

2. Juniper and shrub spruce forests and spruce-and-fir forests which grow on steep cliffs and rocks are characterized by a powerful development of shrubs and the second storey of the arborescent junipers. This group of forests is known for its lowest productivity.

3. Moss spruce forests and spruce-and-fir forests which grow on mountains of medium height are characterized by poor floral composition, by simple structure and high productivity. In forests of this group features of the taiga type are manifested most strongly.

4. Mixed spruce forests and spruce-and-fir forests are characterized by numerous elements of sub-tropical flora present in all storeys, by the most complicated structure and high productivity.

With the exception of spruce forests and pine-and-fir forests growing on comparatively declivitous mountain slopes, the coniferous forests of Middle Asia play a very important role in soil and moisture preservation. Of particular significance among them are moss-grown spruce-and-fir forests and spruce forests with powerfully developed brushwood and with the second storey of arborescent junipers growing on steep cliffs and rocks.

The spruce-and-fir forests provide the main stocks of industrial wood in Middle Asia, but the economic significance of these forests is less since they are situated in almost inaccessible mountain regions.

When we exploit high mountainous and sub-alpine spruce forests and mixed spruce-and-fir forests we must bear in mind an almost inevitable change of species in the felling areas under the

clearing system; this occurs because sub-alpine and forest grasses, characteristic of both groups of forests, grow so rapidly and form such a thick sod that even the seeds of coniferous trees are prevented from sprouting. And the second growth covered by the crown of the forest is quite insufficient to ensure the formation of new coniferous stands because this second growth is damaged during cutting. Therefore, measures are now being taken to propagate spruce and fir trees artificially. This is done by the pre-sowing treatment of seeds in order to raise the productivity of sowing material; by fixing optimum sowing time, and by means of deeper sowing and better treatment of seedlings.

FORESTS OF ARBORESCENT JUNIPERS

Juniper forests covering the mountains of Middle Asia consist of many species of arborescent junipers, among which predominate: *Juniperus turkestanica* Kom., *J. semiglobosa* Rgl. and *J. seravschanica* Kom.

Juniper forests of the *J. turkestanica* Kom. are met with in Tien-Shan and at the northern mountain chain of the Pamiro-Alai. Being close to species characterized by monospermous fruit, *J. turkestanica* Kom., comes in contact with the related species of *J. centralasiatica* Kom. in the eastern part of the area, in the Kuonlun Mountains and further on with species growing in western China, the habitat center of the group of monospermous junipers. The Pamir separates the area of the Turkestanian arborescent junipers from the area of another closely related species *J. Wallichiana* Hook. f. et Thoms., which grows on the Himalaya.

J. seravschanica Kom., growing in western Tien-Shan and in Pamiro-Alai, on the southern boundary of its area comes in contact with the closely related species *J. turcomanica* B. Fedtsch. and *J. polycarpus* C. Koch. and then with a group of species growing in the Mediterranean area and characterized by fruits with 2-5 seeds and a layer of hard cells and idioblasts in their wall.

Forests consisting of *J. semiglobosa* Rgl. cover western Tien-Shan and the northern mountain range of the Pamiro-Alai. *J. semiglobosa* Rgl. belongs to a group of junipers characterized by

polyspermous fruits and a soft and juicy pericarp; in the north of its area it comes in contact with the closely related species *J. sabina* L. and in the Kuenlun Mountains with *J. jarkendensis* Kom.

Forests of the *J. seravschanica* Kom. as the most xerophilous ones grow lower than other juniper forests and are met with at a height of 1,400-2,300 meters above sea level. Higher up, at 2,000-2,500 meters above sea level grow forests consisting of *J. semiglobosa* Rgl. and, lastly, at the upper boundaries of the distribution of arborescent junipers only forests of *J. turkestanica* Kom. are met with at a height of 2,000-3,200 meters above sea level.

Juniper forests consisting of the three mentioned species do not always exclude one another and very often they represent mixed forests at a height of 2,200-2,300 m.

The development of juniper forests at the upper boundary of distribution depends on the temperature potential: low temperatures of uppermost belts in the mountains retard the further advance of arborescent junipers and for this reason the upper boundary juniper forests cover the southern slopes whereas in the remaining part of the vertical profile they cover the northern slopes. The lower boundary of distribution of junipers is limited by an insufficiency of moisture.

The higher the mountains the greater the phytocenological importance of arborescent junipers changes under the influence of the broad amplitude of the vertical distribution of junipers and of the diversity of climatic and edaphic conditions connected with it. If within the juniper belt and at the lower boundary of the sub-alpine belt junipers form dense forests, lower down, in the steppe belt, and under the conditions of rocky regime they are represented by single, often stunted trees. In these circumstances the crown of junipers is prevented from closing in not only by severe ecological conditions but also by the insufficiency of seed propagation, which is explained by the fact that fruits of arborescent junipers roll down the slopes because of their own gravity and are also carried down by the wind.

But under conditions of calm relief and when growing on deep soil provided with sufficient moisture arborescent junipers form

typical forest association in which density of crown is 0.9-1.0 while trees reach a height of 16-20 meters.

High degree of density of crown, definite height of trees and the development of original forest-soils resembling brown forest soils of spruce-and-fir forests testify to the similarity between juniper forests and typical forest associations; this fact must be taken into consideration in the practice of forestry and arborescent junipers must be regarded as a type of forest vegetation. At the same time the specific structure of the juniper forests emphasizes the aridity of the climate and xerophytic character of vegetation typical for Middle Asian mountains and in general for all southern mountains of the eastern part of the ancient Mediterranean reaching up to Transcaucasia and the Crimea in the west.

According to their environment, character of vegetation and productivity the juniper forests can be divided into three groups.

1. Steppe juniper forests growing, for the most part, on low mountains, exhibit strong xerophytic characteristics and are composed of a great number of xerophytic forms and steppe plants. They are characterized by low productivity of the stand.

2. Shrub juniper forests, growing on steep rocks under conditions which are extremely dry even for xerophytic juniper woods, are characterized by an abundant number of shrubs in the second storey, by the multitudes of oreophytes in the stand of grass and by very low productivity.

3. Herbaceous juniper forests, growing predominantly on mountains of medium height, are characterized by complicated structure, by a large number of species and by high productivity. Mesophytic elements typical for spruce-and-fir forests and for nut-and-fruit forests predominate in the stand of grass.

The first two groups include forests consisting of all three species of arborescent junipers, the third group, corresponding to the most mesophytic conditions, includes only junipers formed from *J. turkestanica* Kom. and *J. semiglobosa* Rgl.

Juniper forests, like all other forests growing on Middle Asian mountains, play an important role in moisture preservation and erosion prevention; particularly important in this respect are shrub juniper forests growing on the most steep cliffs and rocks.

Juniper forests are of no less economic importance since they are the principal source of obtaining pencilwood. Simultaneously with pencilwood production the juniper needles should be utilized for extracting vitamin C and juniper oil, the cedral fraction of which is widely used in medicine.

When exploiting arborescent juniper forests, it must be borne in mind that their seeds sprout under most diverse conditions provided there is no competition with other trees and grass stands; we can expect the normal development of the second growth only if it is shaded in the first years of life. With the present-day development of agrotechnique it is not a very difficult matter to restore juniper forests in the mountains of Middle Asia. For this purpose it is necessary to ensure preliminary treatment of seeds by chemicals and to effect good adaptability of 3-5 year-old seedlings when they are transplanted in spring into forest areas to be cultivated, which can be done by shading these seedlings with brushwood and mulching them with juniper litter.

NUT-AND-FRUIT FORESTS

The unique nut-and-fruit forests of Middle Asia are the only forest masses of this kind in the world which consist of peculiar wild fruit trees. These forests play a very important role in the national economy and are a rich source of supply of fruits, walnuts, pistachios, raw material for obtaining vitamins and valuable timber.

Nut-and-fruit forests, growing on the northern slopes of western Tien-Shan and on the foothills of the Pamiro-Alai mountain range at a height of 1,000-2,200 meters above sea level, consist of relic plants related to the mesophytic forests of the tertiary period. They include the walnut (*Juglans regia* L.), Turkestan maple, (*Acer turkestanicum* Pax.), Kirghizian apple tree (*Malus kirghisicum* Al. et An. Theod.), cherry plum (*Prunus sogdiana* Vass.), elmyfoliar almond (*Amygdalus ulmifolia* (Franch.) M. Pop.), Semyonov's maple (*Acer. Semenowi* Rgl. et Herd.), *Abelia corymbosa* Rgl. *Exochorda tianschanica* Gontsch. and several species of hawthorn, barberry and briar. These forests grow in ravines and on mountain slopes which from the north are protected by mountain ranges

from the cold winter air. Another orographical peculiarity of nut-and-fruit forests is their location at the apex of big mountain ranges facing the west which hinder the greater part of precipitations moving from the west. Although nut-and-fruit forests grow under more favourable moisture conditions than other forest formations, in summer they suffer severely from drought.

The general conditions of the process of soil formation, which is accompanied by radical changes in the water regime and proceeds under high average temperatures, determine the peculiar features of the black-brown soils developed under the nut-and-fruit forests. It is due to the influence that grass stands, soil fauna and microbiological processes exert on the soil that the peculiar physical properties of the black-brown soils are created; these properties include good structure, great water permeability and water capacity which permit the soil to absorb and preserve all precipitations which fall in rainy months. It is precisely because of this quality of the black-brown soils that the nut-and-fruit forests can exist and grow during the dry summer months.

The fact that the flora is rich in trees and shrubs explains the complexity in the composition of the nut-and fruit forests, their multi-storey structure and density which are still more intensified by the diversity of herbaceous plants forming the lower storey of these forests.

According to the natural and historical peculiarities and, primarily, according to the topographical differences and productivity of tree stands the nut-and-fruit forests can be divided into the following forest types:

1. Grain-herbaceous nut-and-fruit forests growing on slopes with deep black-brown soils and characterized by three-storey stands of trees and by abundant and diverse brushwood and grass stands. These forests possess high productivity of tree stands and provide an abundance of nuts and other fruit species.

2. Grain nut-and-fruit forests growing on steep mountain slopes, on poor black-brown soils, and characterized by a simpler structure and a poor and less developed brushwood and grass stand. The productivity and the degree of fruit bearing here is considerably lower than in the preceding group of forest types.

3. Shrub nut-and-fruit forests growing on southern slopes on poor, dry and rubble black-brown soils. The environment of this group of forests is characterized by a considerable continental microclimate which is reflected in the vegetation and is characterized by a weak development of mesophytic trees, by a rather extensive presence of diverse hemixerophytic species in the brushwood and grass stand and by low productivity of tree stands.

The nut-and-fruit forests play a very important role in the development of agriculture in the mountainous oases for they protect soil and moisture and in addition provide an abundance of valuable fruit and raw material. Two types of forest management may be organized in these forests: 1) fruit-forest management for obtaining walnuts, apples, cherry plum and other fruit strains; walnut leaves for vitamin C production, and timber; 2) forest management for obtaining walnut wood and fruits as a subsidiary product.

Both these types of forest management provide for the improvement of water preservation in the areas of forest economy.

In the cereal-herbaceous nut-and-fruit forests fruit-and-forest management is organized in the following manner: fruit trees are arranged in three storeys, the first consisting of walnut trees, the second of apple trees and the third of cherry plum.

In order to transform sparse nut forests into three-storeyed forests yielding abundant fruit crops it is necessary to organize restoration-reconstruction cutting; as a result of this the old, low-productive forests are replaced by new valuable tree stands by means of regeneration of stool-shoots. Selection of sprouts from stool-shoots, their grafting with economically valuable varieties, artificial rooting of these trees by layers and their subsequent treatment considerably increase productivity and longevity of walnut trees.

When nut-and-fruit forests are reconstructed, sowing and planting of fruit trees are widely applied along with regenerating of stool-shoots because only by stool-shoot regeneration is it possible to restore the existing number of trees.

Forest management of the second type is organized in the cereal nut-and-fruit forests by creating one-storeyed dense tree

stands in which nut trees predominate. Its purpose is to grow timberwood and improve water preservation of the areas under these forests.

PISTACHIO FORESTS

Pistachio (*Pistacia vera* L.) grows in the area which embraces the southwest Tien-Shan and Pamiro-Alai, is situated on the foothills of these mountain chains at a height of 700-1,500 meters above sea level.

Under these conditions pistachio trees grow on clayey and loamy soils (Serozyom)¹ developed on loess and on salt-bearing layers of the Upper Cretaceous and Lower Tertiary period. Distribution of pistachio trees is connected with the sub-tropical continental climate which is characterized by a long dry summer with high air temperatures rising to over 40°. Since pistachio trees always grow on rocks which contain limestone, that is, soil through which water easily filters, they must be classified as distinct xerophytic plants.

Pistachio trees form sparse park-like forests which is explained not only by their demand for light but also by the insufficiency of moisture in the soil. The sparseness of the pistachio forests is explained, on the one hand, by the competition for moisture which goes on between the roots of the pistachio trees and the basic representatives of the desert and steppe phytocenose where the pistachio grows and, on the other hand, by frequent fires and felling of trees.

Sparse pistachio forests are for the most part of a secondary character and because of this their density may be considerably increased.

As a general rule, pistachios have arborescent trunks but at the lower boundary of their distribution they often have a bush-like appearance which is due to the effect of the scorching sun rays, under whose harmful influence pistachios, in the first years of their life, lose the vegetation point of the trunk and become bushy at the root neck.

Without forming large dense massifs, pistachio trees grow in small groups or singly, alternating with desert and steppe vegetation which is not affected by tree stands. This is the reason why

when we classify forest types into groups we must first of all take into consideration the character of vegetation which, to a considerable degree, is connected with the location of a pistachio forest type on the vertical profile of mountains. According to natural and historical features pistachios can be classified into two groups:

- 1) desert pistachios, mainly represented by shrublike trees and characterized by low productivity and desert vegetation;
- 2) steppe pistachios situated at the upper boundary of the distribution of this formation and characterized by the treelike form of the pistachio, by steppe grass species of the grass stand and by higher productivity.

Taking into account the great importance pistachios have for the national economy, as a valuable fruit tree and source of raw material from which tannin and dyestuffs are obtained, management of pistachio forests is developed with a view to increasing fruit yields of the existing forests.

The following are the principal measures to be undertaken in pistachio forests: tending of tree stands, forming of the trunks, pest control, artificial pollination in order to bring about a proper correlation between male and female plants and grafting of highly valuable varieties.

The complex natural conditions of Middle Asian mountains and the diversity of forest strains and types demand the taking of broad and radical measures in the organization of forest management, measures differentiated on the basis of the natural and historical peculiarities of forest vegetation.

Extensive and manifold investigations of the forests undertaken in various regions of Middle Asia in order to study interaction of vegetation with soils, reliefs and climates, permit us, conscientiously and creatively, to approach the problem of utilizing and transforming forest vegetation by means of perfecting existing methods and creating new methods and means of reconstruction and growth of forests on the basis of varied agrotechnical measures.

In this connection further efforts to raise the productivity of the mountainous forests of Middle Asia will, naturally, be conducted along two lines.

By special measures the organization and management of forests in deciduous and nut-and-fruit forests is to be improved, aiming to raise their importance in moisture preservation and to increase both the quantity and quality of produce as well as their regeneration with more valuable species.

While creating most favourable conditions for the utilization of all means of production of the timber industry in coniferous forests, at the same time it is necessary to ensure the restoration of forests on cutting areas; to these measures must be added the maximum utilization of soil productivity and the increase of soil-and-water preservation qualities of these forests.

These measures must be worked out on the basis of broad complex investigations into natural conditions of forest growth as climatic, hydrological, soil and geobotanical which are to be carried out by expeditions. At the same time it is necessary to organize in field stations a thorough study of the interaction of vegetation and environment which must be supplemented by the ecologo-physiological investigations of tree strains and by the microbiological study of the soil.

*The Institute of Forests
of the Academy of Sciences
of the USSR
Moscow*

С. М. МОМОТ

ПРОТИВОЭРОЗИОННОЕ
ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ
В ГОРНЫХ РАЙОНАХ ЮГА
СССР

S. M. MOMOT

ANTI-EROSION FOREST SHELTER CULTIVATION
IN MOUNTAIN REGIONS
OF THE SOUTHERN PARTS
OF THE USSR

ПРОТИВОЭРОЗИОННОЕ ЗАЩИТНОЕ ЛЕСОРАЗВЕДЕНИЕ В ГОРНЫХ РАЙОНАХ ЮГА СССР

В Советском Союзе имеются значительные площади горных территорий, лежащих главным образом в южных частях страны. Наиболее крупные горные массивы находятся в пределах республик Средней Азии и Кавказа. Эти горные территории, вследствие своеобразия физико-географических условий, а также в результате многовекового отрицательного воздействия на них природы и человека, характеризуются чрезвычайно развитыми эрозионными процессами.

В далеком прошлом эти горные пространства в той или иной степени были покрыты лесами, но с течением времени леса были либо уничтожены, либо приведены в расстроенное состояние.

Советская страна получила от царской России очень тяжелое наследство: на огромных горных площадях лесная растительность полностью уничтожена, на значительно меньшей площади остались изреженные лесные древостои, требующие коренного улучшения.

Уничтожение лесной растительности, неразумное пользование землями и бессистемная пастьба скота на горных склонах приводят в горных районах к широко известным явлениям эрозии, уносящей наиболее плодородные слои почвы и исключая их из сельскохозяйственного оборота.

С первых дней своего возникновения Советское государство развернуло планомерные работы по борьбе с эрозионными процессами. В законодательном порядке была запрещена в горных районах рубка растущего леса, приняты меры к регламентированию пастьбы скота и др. Наряду с этим были

развернуты работы по облесению горных склонов, проводилась научно-исследовательская деятельность в области изучения эрозионных явлений, разработки мероприятий по нейтрализации вредных последствий и действия эрозии и выбора способов защитного лесоразведения в горных районах.

В настоящее время мы располагаем значительным производственным опытом и ценными данными научного исследования в деле борьбы с эрозионными процессами в горных районах южной части Советского Союза.

Горномелиоративные работы ставят своей целью улучшение водного режима, прекращение смыва и размыва почвы, а также защиту от селевых потоков сельскохозяйственных земель, населенных пунктов, гидротехнических сооружений, промышленных предприятий и других ценных объектов. Эти работы проводятся в СССР в соответствии с народнохозяйственными задачами и способами, обеспечивающими повышение производительности горных территорий и органически связанных с ними земель равнинных районов.

Горномелиоративные мероприятия заключаются в перестройке стокообразующей поверхности и русел селевых бассейнов. Они должны резко увеличить шероховатость стокообразующей поверхности, усилить водопоглощительную способность почв горных районов, повысить их противоэрозионную устойчивость, снизить уклоны русел.

В целях регулирования поверхностного стока, прекращения, ослабления или предупреждения эрозионно-селевых процессов и повышения производительности горных территорий в Советском Союзе применяется комплекс горномелиоративных мероприятий, состоящий из работ различного назначения и характера. В состав этого комплекса входят мероприятия: 1) организационно-хозяйственные, 2) лесомелиоративные и 3) мелиоративно-технические.

Организационно-хозяйственные мероприятия имеют целью повышение противоэрозионной устойчивости и производительности горных территорий и заключаются в создании условий, обеспечивающих восстановление мощного растительного покрова.

Лесомелиоративные мероприятия заключаются в облесении склонов и русел саев. Многолетняя древесная и кустарнико-

вая растительность оказывает более разностороннее и благоприятное влияние на поверхностный сток, эрозионные процессы и формирование селевых потоков, поэтому созданию ее придется в этом комплексе решающее значение.

Мелиоративно-технические мероприятия слагаются из гидротехнических сооружений, применяемых на склонах, в руслах селевых бассейнов и на конусах их выносов.

При разработке мероприятий по регулированию поверхностного стока, борьбе с эрозией почвы и селевыми потоками и повышению производительности горных территорий необходимо исходить из степени эродированности и селеопасности селевых бассейнов. При этом необходимо учитывать характер рельефа, климатические особенности района, характер и состояние почвенного покрова и растительности, характер и интенсивность эрозионных процессов, наличие на склонах и в руслах селевых бассейнов смытого и обломочного материала, а также уклоны русел, характер их и состояние.

Поэтому планирование мероприятий по участкам должно производиться на основе специальных изысканий и исследований, освещающих указанные выше особенности горной территории.

Как уже сказано, противозэрозионному лесоразведению в горных районах южной части Советского Союза мы придаем решающее значение.

Облесительными работами охватываются водораздельные части, крутые склоны, а также смытые и размытые более пологие площади. На сильно эродированных площадях (наиболее опасных селевых бассейнов) создаются лесные насаждения из древесных пород и кустарников, обладающих высокой мелиоративной действенностью. Менее разрушенные площади используются под лесоплодовые насаждения; лучше обеспеченные влагой нижние части склонов и мелкоземистые участки водоносных русел отводятся под особо ценные лесные и лесоплодовые породы.

Успех лесоразведения в горных районах в значительной мере зависит от правильного учета лесорастительных условий, отличающихся здесь чрезвычайной пестротой. Лесорастительные условия в горных районах определяются географическим

положением местности, ориентацией горных хребтов, размерами, высотой, экспозицией и характером склонов, характером почв и растительности.

Географическое положение, отношение к крупным водным пространствам, орошаемым оазисами пустынь, так же как и ориентация горных хребтов по отношению к странам света и влагоносным воздушным течениям, определяют не только интенсивность солнечной радиации, но и степень континентальности климата и увлажнения той или иной территории.

Удаленные от крупных водных пространств горные районы Средней Азии отличаются резко континентальным климатом, усиливающим выветривание.

Решающее значение в горных районах имеет высота местности над уровнем моря. С подъемом в горы давление уменьшается, прямая солнечная радиация и лучеиспускание становятся больше, а содержание паров в воздухе меньше. Это вызывает повышенное испарение влаги. С подъемом в горы понижается температура воздуха, уменьшается вегетационный период, что обуславливает уменьшение прироста древесных пород. Огромное влияние оказывает высота местности на количество осадков. С высотой количество их в общем увеличивается, однако размер этого нарастания различен и зависит от местоположения того или иного хребта.

С увеличением высоты местности повышается не только абсолютное количество осадков, но и осадков, выпадающих в виде снега и оказывающих отрицательное влияние на развитие растительности.

Несмотря на вполне достаточное для развития древесных насаждений количество света, тепла и осадков, климатические условия в целом в преобладающей части горных районов Средней Азии затрудняют создание здесь высокопродуктивных насаждений большой мелиоративной действенности.

Значительная часть горных районов Средней Азии (Памиро-Алай и Копет-Даг) характеризуется одинаковым режимом выпадения атмосферных осадков. Их особенность — наличие «сухого сезона», продолжающегося в предгорьях около 5 месяцев — с мая по октябрь. Таким образом, сухой сезон захватывает значительную часть вегетационного периода, в тече-

ние которого выпадает лишь 5—10% годового количества осадков.

В связи с этим на успех облесительных работ решающее влияние оказывает степень увлажнения почвы.

Не меньшее значение имеет и экспозиция склонов, определяющая интенсивность солнечной инсоляции и величину нагрева поверхности. Все экспозиции склонов по интенсивности инсоляции, определяющей их гидротермический режим, могут быть объединены в две крупные группы: сильно инсолируемые — «сухие» и слабо прогреваемые — «влажные» склоны. К первым относятся: южные, юго-западные и юго-восточные склоны, ко вторым — северные, северо-восточные и северо-западные склоны. Восточные и западные склоны занимают промежуточное положение.

Выбор основного ассортимента древесных пород и кустарников для горнооблесительных работ определяется именно этими группами склонов.

Влажность почв той или иной части склонов зависит и от положения их к основаниям склонов. Исследования показали, что повышенная влажность свойственна нижней части склонов. Чем выше по склону, тем менее благоприятным для облесения становится гидрологический режим.

Большое влияние на успех культур в горных районах Средней Азии оказывают механический состав почвы и степень их смывости, определяющие не только физические свойства почв, но и их пищевой режим.

Правильный учет всего разнообразия лесорастительных условий горных районов и соответствующий подбор ассортимента культивируемых пород в значительной мере предопределяют успех противоэрозионного лесоразведения в горных районах.

Исходя из имеющегося производственного опыта и научно-исследовательских данных, для лесоразведения в горных районах Средней Азии и Южного Казахстана может быть рекомендован следующий ассортимент древесных пород и кустарников:

Хвойные

Ель тьяншаньская — *Picea Schrenkiana* F. et M.
Можжевельник виргинский — *Juniperus virginiana* L.
Можжевельник зеравшанский — *J. seravschanica* Kom.
Можжевельник полушаровидный — *J. semiglobosa* Rgl.
Сосна крымская — *Pinus Pallasiana* Lamb.
Сосна эльдарская — *P. eldarica* Medw.

Лиственные

Айлант — *Ailanthus glandulosus* Desf.
Акация белая — *Robinia pseudoacacia* L.
Береза тьяншаньская — *Betula tianschanica* Rupr.
Боярышник — *Crataegus pontica* C. Koch.
Вяз мелколистный — *Ulmus pinnato-ramosa* Dieck.
Гледичия — *Gleditschia triacanthos* L.
Груша рассеченолистная — *Pyrus Regelii* Rehd.
Дуб черешчатый — *Quercus robur* L.
Дуб иберийский — *Q. iberica* Stev.
Ивы древовидные — *Salix* sp. sp.
Каркас западный — *Celtis australis* L.
Каркас кавказский — *C. caucasica* W.
Клен Семенова — *Acer Semenowii* Rgl. et Herd.
Клен туркестанский — *A. turkestanicum* Pax.
Клен туркменский — *A. turcomanicum* Pojark.
Орех черный — *Juglans nigra* L.
Платан восточный — *Platanus orientalis* L.
Тополь Болле — *Populus Bolleana* Lauche.
Тополь черный (осокорь) — *P. nigra* L.
Тополь черный пирамидальный — *P. pyramidalis* Rozier.
Ясень европейский — *Fraxinus excelsior* L.
Ясень зеленый — *F. lanceolata* Borkh.
Ясень пенсильванский — *F. pennsylvanica* Marsh.
Ясень согдианский — *F. sogdiana* Bge.

Плодовые

Абрикос — *Armeniaca vulgaris* Lam.
Алыча — *Prunus divaricata* Ledeb.
Виноград — *Vitis vinifera* L. s. l.
Вишня — *Cerasus vulgaris* Mill.
Груша обыкновенная — *Pyrus communis* L.
Лох — *Elaeagnus orientalis* L.
Миндаль бухарский — *Amygdalus bucharica* Korsh.
Миндаль обыкновенный — *A. communis* L.
Орех грецкий — *Juglans regia* L.

Пекан — *Carya pecan* (Marsh.) Engl. et Graebn.
Персик — *Persica vulgaris* Mill.
Слива — *Prunus ferganica* Lincz.
Фисташка — *Pistacia vera* L.
Шелковица — *Morus alba* L., *M. nigra* L.

Кустарники

Акация желтая — *Caragana arborescens* L.
Бирючина — *Ligustrum vulgare* L.
Бузина черная — *Sambucus nigra* L.
Дрок испанский — *Genista tinctoria* L.
Жимолость татарская — *Ionicea tatarica* L.
Пузырьник — *Colutea Paulsenii* Freyn.
Вишарник — *Cerasus pseudoprostrata* Pojark.
Миндаль колючий — *Amygdalus spinosissima* Bge.
Обленеха — *Hippophaë rhamnoides* L.

Лесорастительные условия преобладающей части горных территорий Средней Азии отличаются крайней жесткостью, поэтому агротехника выращивания лесных насаждений здесь имеет исключительное значение. От нее зависят не только успешный рост и развитие насаждений, но и создание их вообще. Агротехника выращивания лесных пород ставит своей задачей накопить и максимально использовать выпадающие осадки, поэтому она должна быть высокой.

Большое значение при выращивании лесов в горных районах мы придаем обработке почвы. С учетом особенностей районов горного лесоразведения и характера мероприятий здесь применяется сплошная и ленточная подготовка почвы. Ленты могут быть и сплошными и прерывистыми. На сильно смытых площадях селеопасных бассейнов применяется и террасирование.

На лесокультурных площадях крутизной до 10°, допускающих сплошную обработку почвы, применяется следующая схема обработки почвы.

Осенью в срок, определяемый выпадением первых осадков, производится зяблевая вспашка плугом с предплужником на глубину 26—27 см; весной — раннее боронование в два следа; перед посадкой идет глубокое рыхление (до 20 см) плугами без отвалов.

В случае сильного засорения лесокультурной площади сорняками применяется черный пар.

Пахота и рыхление производятся поперек склона.

На сильно смытых почвах крутизной больше 10° подготовка почвы производится полосами шириной 1—2 м, располагаемыми по горизонталям местности на расстоянии 2 м одна от другой.

В целях предупреждения стока и смыва в нижней части лесных полос делаются валики высотой 25—35 см.

В случае, когда в связи с большой крутизной склона обработка почвы обычными сельскохозяйственными машинами исключается, может быть использован для склонов крутизной до 20 — 22° грейдер Д-20А.

Сильно смытые и размывшие склоны крутизной 15 — 30° и более, с которых стекает значительная часть выпадающих на них осадков, террасируются.

Строительство террас является одновременно и методом подготовки почвы. Для лучшего заращивания склонов между террасами размещаются площадки, расположенные в шахматном порядке. На склонах крутизной 15° при размещении террас с превышением в 4 м одна над другой устраиваются 2—3 ряда площадок, на склонах крутизной 20° — два ряда, на склонах крутизной 25 — 30° — один ряд.

Площадки могут быть одно-двухметровыми. Однометровые площадки используются для кустарников, двухметровые — для выращивания древесных пород.

Площадкам придается уклон, обратный склону. В качестве площадок могут служить одно-двухметровые отрезки террас.

Для повышения запаса влаги на площадках по бокам их устраивают валики (усики), направляющие на площадки стекающую по склону воду.

Площадки строятся так, чтобы на поверхности их сохранился плодородный слой почвы. С этой целью при устройстве площадок этот слой снимают и накладывают над материковым откосом (выше по склону). После сооружения площадок на них расстилается плодородный слой почвы.

Террасы и площадки сооружаются за год до облесительных работ.

Облесение гор производится посевом и посадкой, в зависимости от биологических особенностей разводимых пород и экономических и исторических условий района производства горнооблесительных работ.

Посевом разводятся древесные и кустарниковые породы, развивающиеся в условиях гор мощную корневую систему, такие как дуб, орех грецкий и черный, фисташка, миндаль, а также акация белая, каргас, гледичия, абрикос, алыча, слива, персик, вишня, лох.

Все остальные лесные породы разводятся посадкой одно-двухлетних стандартных сеянцев с хорошо развитой мочковатой корневой системой.

Плодовые породы высаживаются двухлетними саженцами, привитыми культурными сортами.

При облесении гор в первую очередь применяются семена, заготовленные в районе производства работ. Высеваемые семена предварительно подвергаются апробации на контрольных станциях лесных семян.

Посадочный материал для горнооблесительных работ выращивается в лесных питомниках, расположенных в районе работ.

Сроки посева и посадки леса на постоянное место зависят от местных условий и метода лесоразведения. Осенью высеваются семена древесных пород, нуждающиеся в длительной стратификации. При условии обеспечения сохранности посевов от расхищения грызунами осенью высеваются и семена ореха грецкого, миндаля, фисташки, абрикоса, персика и дуба.

Семена, не нуждающиеся в длительной стратификации, высеваются весной.

Посадка сеянцев и саженцев производится весной и осенью. Лучшие результаты в горах Средней Азии дает ранняя весенняя посадка, произведенная не позднее двух недель после таяния снега.

Уход за культурами состоит в уходе за почвой и за растениями. Уход за почвой — одно из важнейших звеньев агротехники горнооблесительных работ. Он заключается в рыхлении почвы и полке сорняков. Рыхлению подвергаются дно террасы и лесокультурный откос, а также метровая лента вдоль основания вала террас.

Площадки подвергаются сплошному рыхлению. Рыхление почвы на пологих склонах производится культиваторами.

Повторность ухода за почвой зависит от почвенно-климатических условий района облесительных работ, биологических особенностей применяемых пород, густоты посадки.

В нижней зоне гор уход проводится чаще, чем в средней, а в средней — чаще, чем в верхней.

Уход продолжается до смыкания крон древесных пород и кустарников.

В тяжелых лесорастительных условиях Средней Азии уход за почвой длится в течение 4—5 лет. Особенно интенсивным он должен быть в первые 2—3 года.

Повторность ухода за почвой в году определяется режимом атмосферных осадков, степенью уплотнения почвы и зарастания ее сорняками. Во влажные годы уход за почвой применяется чаще, чем в годы с меньшим количеством осадков. Как правило, уход в первый год проводится 5 раз, во второй — 4, в третий — 3, в четвертый и пятый — 2 раза.

Одной из мер ухода за культурами является мульчирование, для чего применяются солома и трава.

Ухода требуют ствол и крона деревьев.

В случае значительного отпада культур производится пополнение. Для определения приживаемости и развития культур осенью проводится инвентаризация.

Управление лесного хозяйства

Министерства сельского хозяйства Узбекской ССР.

Ташкент

ANTI-EROSION FOREST SHELTER CULTIVATION IN MOUNTAIN REGIONS OF THE SOUTHERN PARTS OF THE USSR

In the Soviet Union there are considerable areas of mountain territories lying mainly in the southern parts of the country. The most considerable mountain massifs are situated within the territory of the Middle-Asian and Caucasian republics. These mountain territories are characterized, in consequence, by extremely developed erosion processes due to the peculiar physical-geographical conditions and the century-old negative influence of man.

In the distant past these mountain spaces were covered to one extent or another by forests, but as time passed, the forests were either annihilated or fell into decay.

The Soviet country inherited from tsarist Russia a very shameful legacy: in tremendous mountain areas forest vegetation had been completely annihilated, in considerably smaller territories there remained thinned forest stands which were in need of radical improvement.

Annihilation of forest vegetation, irrational utilization of lands and unsystematic cattle pasturage on mountain slopes result in the universally known phenomenon of erosion, damaging the most fertile layers of soil in mountain regions and excluding them from agricultural rotation.

From its very inception the Soviet state developed systematic work in eliminating erosion processes. Felling of growing forests in mountain areas was prohibited by law; measures were taken to regulate cattle pasturage, and so on. Together with this, work developed on afforestation of mountain slopes;

scientific-research work began in the sphere of investigation of erosion phenomenon, elaboration of measures for neutralizing harmful consequences and effects of erosion, and the study of methods of forest shelter cultivation in mountain regions.

At present we have considerable experience in production and valuable data obtained by scientific research in the matter of combatting erosion processes in mountain regions of the southern part of the Soviet Union.

Mountain melioration work has as its aim improvement of water regime, soil wash-off and wash-out as well as protection of cultivated lands, populated points, hydrotechnical constructions, industrial enterprises and other valuable objects from torrent floods. This work is being done in the USSR in conformity with the national economy tasks according to methods of securing an increase in productivity of mountain territories and plain regions organically connected with them.

Mountain melioration measures consist in alteration of the run-off forming surface and of the channels of the torrent flood basins. They are to increase sharply the roughness of the run-off forming surface, strengthen the water absorbing capacity of the soils of mountain regions, improve their anti-erosion stability, lower the gradients of the channels.

To regulate surface run-off, to stop, weaken or prevent erosion processes and to increase productivity of mountain territories, a complex of mountain-melioration measures is applied in the USSR consisting of works of different assignment and character. These works include measures in the sphere of 1) organizational-economic works, 2) forest melioration and 3) melioration-technical works.

The aim of the organizational-economic works is to increase anti-erosion stability and productivity of mountain territories. They consist in the creation of conditions securing regeneration of strong vegetation cover.

Forest melioration works consist in afforestation of slopes and torrent flood channels. Perennial tree and shrub vegetation influences surface run-off, erosion processes and formation of torrent floods in the most diverse and favourable way, therefore its creation is of decisive importance in this complex.

Melioration-technical measures consist of hydrotechnical constructions applied on the slopes, in the channels of the torrent flood basins and on the cones of their source.

In working out measures to regulate surface run-off, to struggle against erosion of soil and torrent floods, to increase productivity of mountain territories it is necessary to proceed from the extent to which the soil is eroded and the danger of torrent floods in torrent flood basins. Together with this it is necessary to take into account the character of the relief, climatic peculiarities of the district, the character and the state of the soil cover and vegetation, the character and intensity of erosion processes, the presence of washed-off and disintegrated rock formations on the slopes and in the channels in torrent flood basins as well as the gradients of the channels, their character and state.

Therefore, planning of measures according to plots should be done on the basis of special research work and investigation, throwing light on the mountain territory peculiarities mentioned above.

As has already been said, we attach decisive importance to anti-erosion forest cultivation in mountain regions of the southern part of the USSR. Afforestation works are being done on watersheds, on steep slopes as well as in washed-off and washed-out less steep sloping areas. In the areas intensely eroded within the most dangerous torrent flood basins, forest plantations of tree species and shrubs of high melioration effect are being created. The least destroyed areas are used for forest-fruit plantations; the lower parts of the slopes best provided with moisture and thin soil-laid plots of water-bearing channels are allotted for the most valuable forest and forest-fruit species.

Success of forest cultivation in mountain regions depends to a considerable extent on taking correct account of forest-cultivation conditions distinguished there by extreme diversity. Forest cultivation conditions in mountain regions are determined by the geographical position of the locality, by an orientation of the mountain ranges, by the area, height, exposition and character of the slopes, soils and vegetation.

The geographical position, its short or long distance from great water spaces, from deserts irrigated by oases as well as the orien-

tation of the mountain ranges with respect to the cardinal points of the world and from moisture-bearing air currents determine not only the intensity of sun radiation but the degree of continentality of the climate and damping of one or another territory as well.

Mountain regions in the territories of Middle Asia remote from extensive water spaces are distinguished by severe continental climate which intensifies airing.

Of decisive importance in mountain regions is the locality height above sea level. With ascent into the mountains pressure falls, direct sun radiation increases and the content of steam in the air becomes less. This causes increased evaporation of moisture. With ascent into the mountains, the temperature of the air falls, vegetation periods become shorter, thereby conditioning the diminution of the growth of tree species. Quantity of precipitations is also greatly influenced by the altitude of the locality. With an increase of altitude their quantity in general grows, but the extent of this growing is different and depends upon the position of one or another mountain range.

With an increase of the altitude of the locality, not only the absolute quantity of precipitations increases but the quantity of precipitations falling in the form of snow and unfavourably influencing the development of vegetation increases as well.

In spite of light, warmth and precipitations in quantities quite sufficient for the development of tree plantations, climatic conditions in the major part of the regions of Middle Asia on the whole make it difficult to create there high productive plantations of great melioration effect.

A considerable part of the mountain regions in Middle Asia (Pamiro-Alai and Kopet-Dag) is characterized by the same regime of atmospheric precipitations. Their peculiarity consists in "dry season" at the foothills lasting for five months -- from May to October. Thus the dry season embraces a considerable part of the vegetal period during which only 5-10 per cent of the annual precipitations fall.

Success of afforestation works is decisively influenced by the degree of soil damping.

No less important is the exposition of the slopes that determines the intensity of soil insolation and the quantity of surface

heating. All such expositions can be divided according to intensity of insolation determining the hydrothermal regime of the slopes into two big groups: intensely insolated dry slopes and little heated "humid" slopes. To the first group southern, southwestern and southeastern slopes are referred, to the second those of northern, northeastern and northwestern. Eastern and western slopes occupy an intermediate position.

It is these slopes that determine the choice of the principal variety of tree species and shrubs for mountain afforestation work.

Humidity of soils of one or another part of the slopes depends upon the position of the former with respect to the bottom of the latter. Investigations have shown that humidity is a distinctive property of the lower part of the slopes. The higher along the slope, the less favourable the hydrological regime becomes for afforestation.

Of great influence on successful development of vegetation cultures in mountain regions of Middle Asia is the composition of the soils and the degree of their being washed off, determining not only the physical properties of the soils but their nutriment regime as well.

Correct consideration of all diverse forest-cultivation conditions of mountain regions and corresponding selection of the set of species to be cultivated predetermine to a considerable extent the success of anti-erosion forest cultivation in mountain regions.

Proceeding from the production experience we have and from the data obtained by experimental institutions in the sphere of forest cultivation in mountain regions of Middle Asia and southern Kazakhstan, the following variety of tree species and shrubs can be recommended.

Coniferous species

Schrenk spruce — *Picea Schrenkiana* F. et M.

Eastern redcedar — *Juniperus virginiana* L.

Zeravshanian juniper — *J. seravschanica* Kom.

Semiglobe juniper — *J. semiglobosa* Bgl.

Crimean pine — *Pinus Pallasiana* Lamb.

Eldaric pine — *P. eldarica* Medw.

Deciduous species

Ailanthus — *Ailanthus glandulosus* Desf.

Black locust — *Robinia pseudoacacia* L.

Tien-Shanian birch — *Betula tianschanica* Rupr.
 Pontic hawthorn — *Crataegus pontica* C. Koch.
 Fine-leaved elm — *Ulmus pinnato-ramosa* Dieck.
 Common honeylocust — *Gleditschia triacanthos* L.
 Cut-leaved pear — *Pyrus Regelii* Rehd.
 English oak — *Quercus robur* L.
 Iberian oak — *Q. iberica* Stev.
 Arborescent willows — *Salix* sp. sp.
 European hackberry — *Celtis australis* L.
 Caucasian hackberry — *Celtis caucasica* W.
 Semyonov's maple — *Acer Semenowii* Rgl. et Herd.
 Turkestanian maple — *A. turkestanicum* Pax.
 Turkmenian maple — *A. turcomanicum* Pojark.
 Eastern black walnut — *Juglans nigra* L.
 Oriental planetree — *Platanus orientalis* L.
 Bollean's poplar — *Populus Bolleana* Lauche.
 Black poplar — *P. nigra* L.
 Common persimmon — *P. pyramidalis* Rozier.
 European ash — *Fraxinus excelsior* L.
 Green ash — *F. lanceolata* Borkh.
 Pennsylvanian ash — *F. pennsylvanica* Marsh.
 Sogdianian ash — *F. sogdiana* Bge.

Fruit species

Apricot — *Armeniaca vulgaris* Lam.
 Cherry plum — *Prunus divaricata* Ldb.
 Vine — *Vitis vinifera* L. s. l.
 Sour cherry — *Cerasus vulgaris* Mill.
 Common pear — *Pyrus communis* L.
 Russianolive — *Elacagnus orientalis* L.
 Bukhara almond — *Amygdalus bucharica* Korsh.
 Common almond — *A. communis* L.
 Persian walnut — *Juglans regia* L.
 Carya — *Carya pecan* (Marsh.) Engl. et Graebn.
 Peach — *Persica vulgaris* Mill.
 Plum — *Prunus ferganica* Lincz.
 Common pistache — *Pistacia vera* L.
 White mulberry — *Morus alba* L.
 Black mulberry — *M. nigra* L.

Shrubs

Siberian peashrub — *Caragana arborescens* L.
 Privet — *Ligustrum vulgare* L.
 Black elder — *Sambucus nigra* L.

Woodwaxen — *Genista tinctoria* L.
Tatarian honeysuckle — *Lonicera tatarica* L.
Persian bladder senna — *Colutea Paulsenii* Freyn.
Mediterranean ground cherry — *Cerasus pseudo-prostrata* Pojark.
Thorny almond — *Amygdalus spinosissima* Bge.
Sea buckthorn — *Hippophaë rhamnoides* L.

Forest cultivation conditions in the major part of mountain territories in Middle Asia are very difficult, therefore great importance is attached to agrotechnique of cultivation of forest vegetation. Not only successful growth and development of plantations depend upon it, but their very creation. Agrotechnique of forest species cultivation has as its task accumulation and maximum utilization of precipitations, therefore methods of agriculture must be on a high level.

Of great importance for forest cultivation in mountain regions we consider to be soil processing. Taking into account the peculiarities of the regions of mountain forest cultivation and the character of the measures taken, an over-all and belt preparation of the soil is applied. The belts can be either continuous or broken. In the areas washed off to a great extent and in the areas of torrent flood basins we apply terracing.

In the forest culture areas with a gradient of 10°, permitting an over-all processing of the soil, we apply the following scheme of soil processing.

In autumn, at a date determined by the first precipitations, autumn ploughing 26-27 cm. deep is used with a plough with colter; in spring, early two-track harrowing is used; before planting we use deep loosening (to 20 cm.) with ploughs without mould-boards.

In case of forest-culture area profusely littered with weed, black fallow is used.

Ploughing and loosening are realized across the slope.

In the areas intensely washed off, with a gradient of 10°, preparation of the soil is carried on according to belts 1-2 m. wide arranged along the horizontals of the locality at a distance of 2 m. from each other. To prevent run-off and wash-off, in the lower part of the forest belts, small banks 25-35 cm. high are erected.

In case of high gradient of the slope, processing of the soil with the help of usual agricultural machines is excluded,

grader D-20A can be used for the slopes with a gradient of up to 20-22°.

Slopes greatly washed off and out, with a gradient of 15-30° and higher, from which a considerable amount of precipitation runs off, are terraced.

Construction of terraces is at the same time a method of soil preparation. For the slopes better grown over with plants special grounds in chess-board manner are laid out between the terraces. On the slopes with a gradient of 15°, in case of the terraces placed 4 m. one above another 2-3 lines of grounds are arranged; on the slopes with a gradient of 20° — two lines, on the slopes with a gradient of 25-30° — one line.

The grounds may be 1 or 2 m. wide. One meter grounds are used for shrubs and two meter grounds — for planting tree species.

The grounds are given a gradient contrary to that of the slope. 1 and 2 m. cuts of the terraces can serve as grounds.

To increase the stock of moisture on the grounds, small banks are erected along their sides which direct the water run-off along the slope to the grounds.

The grounds are constructed in such a way that the fertile layer of the soil remains on their surface. For this purpose when constructing the grounds, this layer is removed and put on the continental-rock slope (higher along the slope). When construction of the grounds is over, the fertile layer is spread over them.

Terraces and grounds are constructed a year before afforestation.

Mountains are afforested by sowing and planting, depending on the biological peculiarities of the species cultivated and on economic and natural-historical conditions of the region where mountain afforestation is being done.

Sown are the shrubs and tree species which develop a many-branched root system: oak, walnut, eastern black walnut, pistache, almond, black locust, hackberry, honeylocust, apricot, cherry plum, peach, sour cherry, Russianolive.

All the other forest species are cultivated by planting 1-2 year-old standard seedlings with a well-developed fibrous root system.

Fruit cultures are planted in two-year-old seedlings inoculated with cultural species.

In the practice of mountain afforestation seeds that had been stored in the region of the work are used. The seeds are sown after approbation at the control forest-seed stations.

The planting materials for mountain afforestation works are grown in garden nurseries situated within the region of the works.

The terms of sowing and planting the forest at the permanent place depend upon the local conditions and the methods of forest cultivation. The seeds of tree species which are in need of long stratification are sown in autumn. Seeds of walnut, almond, pistache, apricot, peach and oak are also sown in autumn if the possibility of their being plundered by rodents is precluded.

The seeds which do not require long stratification are sown in spring.

Planting of seedlings and young plants is executed in spring and autumn. The best results in the mountains of Middle Asia are obtained from early planting realized within two weeks after the snow thaws, not later.

The care of the cultures consists in keeping the soil and plants in good condition. Tending of the soil is one of the most important links of mountain afforestation agrotechnique. It consists in loosening the soil and weeding the ground. Loosened are the bottom and forest-cultivated slope as well as the meter-wide belt along the foot of the terrace banks.

The grounds are subjected to over-all loosening. The soils of non-steep slopes are loosened with cultivators.

The second preparation of the soil depends upon the soil-climatic conditions of the region the afforestation work is executed in, biological peculiarities of the species used, and the density of planting.

In the lower belt of mountains the preparation of the soil takes place more often than in the middle one, and in the middle belt it takes place more often than in the upper one.

The processing of the soil continues until high density of tree-species and shrub crown is achieved.

Under the difficult forest environmental conditions of Middle Asia, preparation of the soil lasts from 4-5 years. Within the first 2-3 years it should be of special intensity.

Repeated preparation of the soil within a year is determined by the regime of atmospheric precipitations, degree of condensation of the soil and by the extent to which the soil is overgrown with weeds. In moist years the soil is prepared more often than in years with a smaller quantity of precipitations. As a rule, preparation in the first year takes place 5 times, in the second year — 4, in the third — 3, in the fourth and fifth — 2 times.

One of the measures of taking care of the cultures consists in mulching with use of straw and grass.

Care must be taken of the trunks and crowns of trees.

In case a considerable quantity of cultures die off, filling up is used. To determine the extent to which species strike root and develop in autumn, an inventory is made.

*The Forestry Department
of the Ministry of Agriculture
of the Uzbek SSR,
Tashkent*

А. В. ЖУКОВ

ПРОБЛЕМЫ ДУБРАВНОГО ХОЗЯЙСТВА
В СССР

A. V. ZHUKOV

PROBLEMS OF OAKERY ECONOMY
IN THE USSR

ПРОБЛЕМЫ ДУБРАВНОГО ХОЗЯЙСТВА В СССР

Дубовые леса в СССР составляют лишь около 1% общей площади лесов Советского Союза и из них большая часть находится в пределах европейской равнины, между Карпатами и Уральскими горами.

Несмотря на сравнительно небольшой удельный вес дубовых лесов СССР, ни одна из произрастающих у нас древесных пород не пользовалась за последние два с половиной века, т. е. за все время существования нашего лесоводства, таким вниманием, как дуб. Это объясняется многообразным значением древесины дуба во всех отраслях народного хозяйства страны.

Древесина дуба и других твердолиственных пород почти утратила значение строительного материала, но зато привлекает исключительное внимание как отделочный материал.

Потребность в древесине дуба и других твердолиственных пород, растущих совместно с дубом, настолько велика, что правительственные органы СССР ввели специальные меры, направленные на сбережение высококачественных деревьев дуба, ясеня и клена и обязывающие вести строгий учет их, обеспечивать уход за ними и проводить работы по восстановлению и расширению сырьевой базы дубовых лесов.

Дубовые леса, расположенные в зоне лесостепи и степи, а также в горных районах нашей страны, выполняют и большую водоохранно-защитную роль.

Пристепные дубравы, дубовые леса, расположенные на водоразделах, по дну балок и ложбин, имеют большое значение для прилегающих к ним сельскохозяйственных полей, входя составной частью в общий комплекс полезащитного лесоразведения.

в степных и лесостепных районах европейской части Советского Союза.

Из видов дуба, растущего в СССР, наиболее широко представлен на равнинах европейской части дуб летний (*Quercus robur* L.), менее широко дуб зимний (*Q. petraea* Liebl.), встречающийся в юго-западной части Украины, на Карпатах, в Крыму и на Кавказе. Слабо распространен совместно с *Q. petraea* Liebl. дуб пушистый (*Q. pubescens* Willd.). На черноморском побережье Кавказа, в Закавказье, встречается свыше 10 видов дуба, из них наиболее часто образуют лесные насаждения и имеют хозяйственное значение *Q. iberica* Stev., *Q. Hartwissiana* Stev., *Q. longipes* Stev. и др.

На Дальнем Востоке СССР произрастает дуб монгольский (*Q. mongolica* Fisch.).

Дуб распространен у нас до 60° с. ш., на всей территории от берегов Балтийского моря до Урала и от Ленинграда до Крыма и Кавказа, но не везде образует насаждения.

В северных и северо-восточных районах ареала, в зоне хвойных лесов, дуб встречается в виде примеси и приурочен преимущественно к долинам и поймам рек.

В зоне смешанных лесов, в ее северо-западной части, дуб произрастает и вне поймы как примесь в хвойных лесах, а местами образует небольшие рощи с участием липы, клена и др. Далее, к югу западной части зоны смешанных лесов, появляются дубово-грабовые насаждения с примесью ели. И, наконец, в самой южной части этой зоны (белорусское и украинское Полесье) находятся крупные массивы самых высокопроизводительных в СССР дубово-грабовых насаждений (I и I^a бонитетов).

В центральной и восточной частях зоны смешанных лесов дуб встречается в широколиственных лесах, образуя дубово-липовые насаждения с примесью осины и березы. Насаждений с господством дуба здесь сравнительно немного. Дубовые насаждения малопродуктивны — в среднем III и IV бонитетов.

В восточной части зоны смешанных лесов дуб приурочен только к широким поймам и долинам рек, изредка образуя там насаждения. Дубовые насаждения отличаются здесь незна-

чительной полнотой (0,4—0,6), дубы низкорослые, с широкой, низко опущенной кроной.

Преобладающее значение широколиственные дубовые леса имеют в зоне лесостепи, которую по праву часто называют дубравной. Дубовые леса приурочены здесь главным образом к возвышенным позициям рельефа — водоразделам, плато, правым возвышенным берегам рек, но часто встречаются и в поймах рек. Эти леса представлены сложными, многоярусными насаждениями с теневым ярусом из липы, кленов, граба и ильмовых.

В западной части лесостепи (до Днепра) находятся наиболее производительные грабовые дубравы с ясенем (I—II бонитетов), а в центральной части (до Волги) — кленово-липовые дубравы с ясенем. Производительность их понижается в направлении на восток и юг зоны (средний бонитет в центральной части зоны II, к северу — II,5, к востоку и югу — III).

В восточной части лесостепной зоны (Заволжье) произрастают дубравы без ясеня, в среднем III и IV бонитетов.

В зоне лесостепи находится около трети всего фонда дубовых лесов СССР.

В районах предстепня и степи широколиственные дубовые леса естественного происхождения встречаются преимущественно по склонам и в тальвегах балок и поймах рек. В виде пойменных дубрав они проникают далее всего на юг — в степь.

Горные дубравы Карпат, Крыма и Северного Кавказа представлены главным образом *Q. petraea* Liebl. и *Q. robur* L. (на Северном Кавказе). Производительность дубовых лесов здесь зависит от высоты над уровнем моря и экспозиции склонов, колеблясь в пределах от II до V бонитета. Площадь горных дубрав составляет свыше 15% фонда дубовых лесов СССР.

Полнота дубовых насаждений в Советском Союзе в среднем составляет 0,7, колеблясь от 0,6 до 0,8. Прирост в дубовых насаждениях в среднем составляет около 2 м³ на 1 га.

Дуб в Советском Союзе произрастает в восточной части своего естественного ареала (в Европе). Здесь комплекс лесорастительных условий (особенно климат) несколько хуже, чем в странах Западной Европы.

Более жесткие условия произрастания дуба в СССР (резкая континентальность климата, сухость воздуха и почвы)

в процессе его длительного исторического развития, несомненно, отразились на его биологических свойствах.

Несмотря на высокую требовательность к условиям минерального и водного питания, дуб в СССР растет и на мелких каменистых почвах, на бедных супесях и даже песках. Широкий опыт степного лесоразведения показал возможность выращивания дуба не только на черноземах, но и на слабосолонцеватых каштановых почвах.

При разведении леса в степи дуб оказался одной из более засухоустойчивых главных пород, особенно его рано распускающаяся форма (*Q. robur* L. var. *praecox* Czern.).

Широкий производственный опыт переброски желудей из разных природных зон СССР в районы засушливых степей юго-востока европейской части СССР показал различные результаты. Всходы, полученные из желудей, завезенных из западных районов страны, погибли в жестких климатических условиях юго-востока; между тем всходы, полученные из желудей центральных и юго-восточных районов, оказались зимостойкими и засухоустойчивыми.

Дубовые леса СССР, включая насаждения из дуба монгольского на Дальнем Востоке, почти равны по площади дубовым лесам всех европейских государств вместе взятых, а по своему хозяйственному значению занимают даже более крупное место.

Известно, что дубовые насаждения Англии, Норвегии и Швеции, незначительные по площади, имеют меньшую, чем в СССР, производительность и по своим природным условиям не могут служить базой для выращивания ценной древесины. Обширные по площади дубовые леса Франции, растущие на лучших для дуба почвах и в условиях приморского климата, могли бы стать прекрасной сырьевой базой для выращивания высококачественной древесины. Дубовые леса Бельгии, Голландии и Дании представлены небольшими площадями.

Значительные по площади и отличающиеся высокой производительностью дубовые леса имеются в Чехословакии, Польше, Венгрии, Румынии, Западной Германии и Германской демократической республике. В Греции, Болгарии, Югославии и Албании значительная часть дубовых лесов находится в горных и

субальпийских районах. Дубовые леса этих стран, за исключением равнинных лесов Югославии, особой ценности не представляют.

Состояние дубовых лесов Западной Европы таково, что вряд ли на половине всей площади лесов возможно в настоящее время выращивание ценной древесины дуба.

Дубовые же леса СССР, особенно в западной части зоны смешанных лесов, в лесостепи и в горных районах Северного Кавказа, представлены производительными и ценными насаждениями. Не случайно древесина этих насаждений очень давно получила широкое признание на мировом рынке лесных материалов.

Сказанное не может не обусловить особой важности вопросов дубравного хозяйства в СССР, ибо, очевидно, данные по ним могут представлять интерес, не ограничивающийся пределами СССР.

Типы дубовых лесов, как и типы лесов других пород, а также типы условий их местопроизрастания начали интенсивно изучаться с начала XX в., с тех пор как возникло стройное, научно обоснованное учение о типах леса, созданное русским ученым проф. Г. Ф. Морозовым.

За истекшее время в области изучения типов дубовых лесов проделана большая работа группой русских лесоводов (проф. Г. Ф. Морозов, акад. Г. Н. Высоцкий, акад. В. Н. Сукачев). На основе богатейшего материала, накопленного отечественной наукой в области изучения лесорастительных условий и типов дубовых лесов, в лесохозяйственной практике СССР в настоящее время принята классификация, разработанная Всесоюзным научно-исследовательским институтом лесного хозяйства. Согласно этой классификации, все типы условий местопроизрастания разделяются на пять хозяйственных групп: очень сухие дубравы, сухие дубравы, свежие дубравы, влажные и сырые дубравы, пойменные дубравы. Каждая из этих групп подразделена на хозяйственные группы типов дубрав. Например, свежие дубравы подразделяются на грабовые, берестовые, кленово-липовые, елово-грабовые и елово-кленово-липовые.

История хозяйства в дубовых лесах СССР и анализ статистических, ведомственных и литературных материалов свиде-

тельствуют о том, что дубовые леса в сравнительно недалеком прошлом (конец XVIII в.) занимали более обширные площади, чем в современный период. Уничтожение дубовых лесов и перевод их в другие виды угодий, определявшиеся сущностью капиталистической системы производства, приняли особо угрожающие размеры во второй половине XIX в., когда было вырублено и уничтожено около половины всех дубовых лесов в лесостепной зоне.

Применение сплошных рубок, отсутствие заботы о возобновлении дубрав, неумение сохранить самосев дуба привели во многих случаях к замене сложных семенных разновозрастных дубрав порослевыми или, в лучшем случае, порослево-семенными насаждениями. Значительная площадь семенных высокоствольных дубрав, находившаяся в частном владении, была переведена в низкоствольники с оборотами рубки от 20 до 40 лет.

Во многих случаях на месте дубовых древостоев возникли грабняки, осинники, кленово-липовые насаждения и кустарниковые заросли.

В пределах только Украинской ССР площадь насаждений, сменивших некогда бывшие здесь дубовые леса, по самым скромным подсчетам, составляет свыше 300 тыс. га.

Несмотря на то, что в условиях царской России трудами лесоводов много было сделано для распознавания природы дубовых лесов, их возобновления и разведения, общее состояние дубовых лесов в условиях капиталистической системы хозяйства продолжало из года в год ухудшаться.

Советское правительство провело ряд законодательных мер, направленных на улучшение состояния лесного фонда СССР, в том числе и дубовых лесов. С 1929 г. ограничено применение дубовой древесины для изготовления разных изделий и разработаны мероприятия по восстановлению и расширению сырьевой базы твердолиственных пород.

В 1931 г. почти все дубовые леса, расположенные на равнине европейской части СССР, были выделены в так называемую «лесокультурную зону», где основной задачей лесного хозяйства являлось облесение всех прогалин, пустырей и невозобновившихся лесосек.

В 1936 г. были выделены водоохранно-защитные леса, к которым отнесена подавляющая часть всех дубовых лесов. Благодаря строгому режиму хозяйства, установленному в лесах водоохранной зоны, ограничению рубок главного пользования, широкому разворачиванию работ по искусственному возобновлению леса, обязательному проведению рубок ухода в дубравах, значительно улучшилось общее состояние дубовых лесов и увеличилась их общая площадь.

Достаточно сказать, что в пределах только Украинской ССР с 1931 по 1941 г. было засажено и засеяно дубовыми культурами в государственном лесном фонде, не считая создания полевых полос и культур в колхозных лесах, свыше 200 тыс. га.

С 1943 г. значительная площадь дубовых лесов переведена в леса I и II групп.

В лесах I группы главное пользование (главные рубки) было прекращено. В лесах II группы размер главного пользования не превышает размеров среднего прироста в хозяйстве. Указанные мероприятия оказали положительное влияние на состояние дубовых лесов, повышение их производительности и увеличение занятой ими площади.

С 1945 г., по требованию органов лесного хозяйства, лесные научные учреждения СССР начали широкое и разностороннее изучение современного состояния дубовых лесов СССР и разработку мероприятий по дальнейшему повышению их производительности и водоохранно-защитной роли.

В настоящее время лесохозяйственные мероприятия дифференцированы.

В дубравах приняты сплошные рубки с шириной лесосеки, как правило, в 50—100 м, в зависимости от типа леса.

На участках особого водоохранно-защитного значения допускаются только группово-выборочные и добровольно-выборочные рубки.

Рубка в дубравах разрешается только в осенне-зимний период, с одновременной вывозкой продукции за пределы лесосеки.

На основе проведенных исследований и специально поставленных опытов по изучению факторов среды было установлено, что при семенном возобновлении дубрав нужно учитывать две

основные фазы возобновительного процесса: появление самосева и его дальнейший рост. Факторы среды, благоприятствующие появлению самосева (прорастание желудей), не всегда бывают благоприятными для его дальнейшего роста. Значение одних и тех же факторов среды в процессе появления и роста самосева изменяется в зависимости от географического района и типа условий местопроизрастания. Установленные закономерности в появлении и развитии дубового самосева, рассматриваемые во взаимодействии со средой, позволили по-новому подойти к рекомендации технических приемов семенного возобновления дуба под пологом.

Установлено, что степень сохраняемости самосева под пологом сомкнутого насаждения зависит от типа условий произрастания и географического положения. Интенсивность отпада самосева дуба можно регулировать лесохозяйственными мероприятиями, главным образом упрощением структуры насаждения. Степень изреживания полога и возможность уменьшения отпада различны при разных факторах внешней среды. Например, в свежих и сухих дубравах южной лесостепи упрощением структуры насаждения можно продлить пребывание самосева и подроста в достаточном для хозяйственных целей количестве до 4 - 5 лет, в то время как в свежих дубравах Белорусской ССР появившийся самосев можно сохранить в течение 10—12 лет.

В рекомендациях по сохранению дуба в составе молодняка подчеркивается особое значение своевременного ухода за самосевом и подростом на вырубках с первого же года после рубки насаждения. Улучшение состава насаждений за счет увеличения в нем дуба обеспечивается своевременно проводимыми рубками ухода и в первую очередь осветлениями и прочистками. Еще Г. Ф. Морозов писал, что «культуры дуба без ухода — напрасная трата денег и сил, попросту бессмыслица, что культуры дуба и уход за ними неразрывно должны быть связаны друг с другом».

Теория и практика лесного хозяйства выработали оригинальные способы рубок ухода в дубовых насаждениях (коридорный способ Молчанова и др.). Эти способы, если они применяются своевременно и с учетом лесорастительной обстановки,

гарантируют сохранение дуба в составе формирующихся насаждений.

Создание искусственных дубовых насаждений имеет у нас более чем столетнюю давность.

Классические образцы степного лесоразведения на сотнях тысяч гектаров, где основной лесообразующей породой является дуб, свидетельствуют о том, что наша отечественная лесоводственная наука и практика успешно разрешили вопрос о создании искусственных дубовых насаждений даже в самых жестких условиях сухих степей. Наиболее распространенными и эффективными являются рядовые посевы или посадки дуба с обязательным уходом за культурами.

Дубовые леса служат базой для заготовки семян, предназначенных для больших по масштабу облесительных работ в степи. Необходимость ежегодно иметь достаточное количество желудей заставила изучить причины, вызывающие так называемую «периодичность» плодоношения дуба. Глубокие и всесторонние исследования показали, что такая периодичность не является его биологическим свойством и что дуб может плодоносить ежегодно при благоприятном сочетании условий внешней среды. Установлено также, что одним из основных факторов, лимитирующих сбор желудей, является повреждение их желудевым долгоносиком (*Balaninus glandium*) и плодожоркой (*Laspeyresia splendana*).

Опытно-производственные работы, проведенные по борьбе с желудевым долгоносиком при помощи авиахимопыливания дустом гексахлорана, показали эффективность этой борьбы и возможность сохранения урожая.

История ведения лесного хозяйства в дубравах, имеющиеся достижения советской науки и практики позволяют утверждать, что в условиях советского социалистического производства основные проблемы хозяйства в дубовых лесах СССР разрешены.

Ближайшие задачи в области ведения лесного хозяйства в дубовых лесах, над разрешением которых уже работают советская наука и практика, следующие:

1. Исправление (реконструкция) малоценных, расстроенных и малопродуктивных насаждений дуба.

2. Распирение площади дубовых насаждений, главным образом за счет преобразования осинников, грабняков, липняков и других насаждений, сменивших в свое время ценные и высокопроизводительные насаждения дуба. По ориентировочным подсчетам, в результате проведения этого мероприятия можно будет увеличить площадь дубовых лесов до 1 млн. га.

3. Установление таких способов главных рубок в горных дубовых лесах Северного Кавказа, которые допускают возможность комплексной механизации всех лесозаготовительных работ и одновременно обеспечивают эффективное возобновление леса и сохранение им водоохранны-защитных функций.

4. Уточнение способов лесовосстановительных рубок в лесах I группы с одновременным определением возраста защитной спелости насаждений.

5. Дальнейшее усовершенствование методов авиахимборьбы с первичными вредителями в дубовых лесах.

*Всесоюзный научно-исследовательский
институт лесного хозяйства
Министерства сельского хозяйства СССР
Пушкино*

PROBLEMS OF OAKERY ECONOMY IN THE USSR

Oakeries in the USSR constitute only about one per cent of the total forest area of the Soviet Union, the major part of them being on the territory of the European plain between the Carpathian mountains and the Urals.

In spite of the relatively small percentage of oakeries in the USSR not one of the species growing in our country has received as much attention as the oak in the last two and a half centuries, that is, throughout the existence of our system of silviculture.

This is due to the manifold importance of oak timber for all branches of our national economy.

Oak timber and that of other hard-wood deciduous species are now almost of no importance as building material but attracts exceptional attention for decorative purposes.

The demand for oak timber and that of other hard-wood deciduous species growing alongside of oak is so enormous that USSR government organizations have taken special measures to preserve high qualitative oak and maple-trees, to have them registered, to assure tending them and to carry out work on the rehabilitation and expanse of the raw-material base of oak forests.

The oakeries situated in the forest-steppe and steppe zones as well as in mountain regions of our country are also very important as water-protectors and field shelters.

Border-steppe oakeries situated at watersheds, at the bottom of ravines and hollows are of great importance for neighbouring agricultural fields as a component part of the general complex of field-protecting forestry in the steppe and forest-steppe regions of the European part of the Soviet Union.

Of all the oaks growing in the USSR, the one found most frequently in the plains of the European part of the country is *Quercus robur* L., that of *Q. petraea* Liebl., found in the south-western part of the Ukraine, in the Carpathian mountains, the Crimea and Caucasus is met with less often. *Q. petraea* Liebl. and *Q. pubescens* Willd. are found less frequently. On the Black Sea coast of the Caucasus and in the Transcaucasus more than 10 oak species are to be found, forest plantations being formed in most cases of *Q. iberica* Stev., *Q. Hartwissiana* Stev., *Q. longipes* Stev. and other species of economic importance.

The *Q. mongolica* Fisch. is to be found in the Far East of the USSR.

The oak-tree grows in our country as far north as up to 60°, it exists over the whole territory from the shores of the Baltic Sea to the Urals, and from Leningrad to the Crimea and the Caucasus, but not everywhere does it form plantations.

In the northern and northeastern regions of its natural area, in the zone of coniferous forests, the oak-tree is met with as an admixture mainly in the river valleys and floodlands.

In the northwestern part of the zone of mixed forests, the oak-tree is also found outside the floodlands as an admixture to coniferous forests and forms at some places small groves together with the linden, maple and other deciduous species. Further on, to the south of the western part of the mixed forest zone, oak-hornbeam plantations with an admixture of spruce are met with. And, finally, in the extreme southern part of this zone (Byelorussian and Ukrainian woodlands) oak-hornbeam plantations (bonitets I and Ia) are found in the form of big forest masses.

In the central and eastern parts of the mixed forest zone the oak-tree is met with in spruce-deciduous forests forming oak-linden plantations with an admixture of asp and birch. Plantations dominated by oak are relatively rare there. Oak plantations are of low-productivity—on an average of bonitets III and IV.

In the eastern zone of mixed forests the oak-tree is found only in wide floodlands and in river valleys, sometimes forming plantations. These plantations are characterized by inadequate fullness (0.4-0.6), the oaks are not high and have wide, low-situated crowns.

Of major importance are the oak-deciduous forests in the forest-steppe zone which is often rightly called the oakery zone. Oak forests are situated there mainly on elevated relief positions—watersheds, plateaux, elevated river banks on the right but often they are also met with in river floodlands. These forests are found in the form of compound many-storeyed plantations with a shadow storey of linden, maple, ash, etc.

The most productive ash-oakeries with an admixture of hornbeam (bonitets I-II) are to be found in the western part of the forest-steppe zone and maple-linden oakeries with an admixture of ash—in the central part (up to the Volga). Their productivity diminishes in the direction of the eastern and southern parts of the zone (average bonitet in the central part of the zone is II, in the northern part—II. 5, in the eastern and southern parts—III).

Oakeries without ash, having an average bonitet of III and IV, are met with in the eastern part of the forest-steppe zone (Volga region).

About one-third of the whole oakery fund of the USSR is concentrated in the forest-steppe zone.

In the border regions of the steppes and in the steppes themselves, natural oak-deciduous forests are found mainly on the slopes, in the thalwegs of ravines and in the river floodlands. Oak forests growing in floodlands are found in the extreme southern parts of the steppe zone.

The oakeries in the Carpathian mountains, Crimea and North Caucasus are composed mainly of *Q. petraea* Liebl. and *Q. robur* L. (the North Caucasus). Productivity of these oakeries depends upon the height above sea level and the exposure of the slopes, and varies from bonitets II to V. The area of the mountain oakeries constitutes more than 15 per cent of the whole oakery fund of the USSR.

Fullness of oak-plantations in the USSR on the average constitutes 0.7 and varies from 0.6 to 0.8. Average increase in the oak-plantations is about 2 m³ per hectare.

Oak-trees in the Soviet Union grow in the eastern part of its natural European area. The complex of forest growing conditions there (especially climate) is to some extent worse than in the western European countries.

The rigorous conditions for growing oak in the USSR (sharp continentality of the climate, dryness of the air and soil) no doubt affected its biological properties in the process of its historical development.

Notwithstanding its great demands on the conditions of mineral and water alimentation, the oak-tree in the USSR also grows on shallow rocky soils, on poor sandy loams and even on sands.

Extensive experience in forest cultivation in steppes has shown that it is possible to grow the oak-tree not only on black earth but on weak-saline chestnut soils as well.

Forest cultivation in steppes has shown that the oak-tree, especially the early blossoming (*Q. robur* L. var. *praecox* Czern.), to be one of the most drought-proof species.

Extensive experience in acorn transportation from different natural zones of the USSR to the arid steppe regions of the southeast of the European part of the Soviet Union has shown different results. Shoots grown from acorns brought from the western regions of the country, perished under the harsh conditions of the southeast, whereas shoots grown from the acorns of the central and southeastern regions proved to be frost resisting and drought-proof.

Oak forests of the USSR, including Mongolian oak plantations in the Far East, are almost equal in area to the oak forests of all European countries taken together, and are even more significant when their economic importance is considered.

It is known that oak plantations in England, Norway and Sweden occupy an insignificant area, are less productive than those of the USSR, and because of their natural conditions, they cannot serve as a base for the cultivation of valuable wood.

Extensive areas of oakeries in France growing on soils most favourable for the oak-tree and in conditions of maritime climate might have become a fine raw-material base for production of excellent timber. Oakeries in Belgium, Holland and Denmark occupy small territories.

There are considerable areas of high-productive oakeries in Czechoslovakia, Poland, Hungary, Rumania, Western Germany and the German Democratic Republic. In Greece, Bulgaria,

Yugoslavia and Albania a considerable part of the oakeries is situated in mountain and sub-alpine regions. The oakeries in these countries, except for the forests of Yugoslavia situated in the plains, are of no special importance.

Oak forests in Western Europe are in such a state that it is hardly possible at present to raise the valuable oak wood there.

The oakeries of the USSR, especially those growing in the western part of the mixed forest zone, in the forest steppe and in the mountain regions of the North Caucasus, consist of high-productive and valuable plantations. It is not accidental then that the wood produced in these plantations has long since been universally recognized in the world timber market.

What has been stated above cannot but emphasize the special importance of the problems of the USSR oakery economy, for it is evident that data concerning it can be of interest far beyond the borders of the USSR.

Both oakery types and the types of all the other forest species as well as the types of their environmental conditions have been thoroughly studied from the beginning of the XX century, when a consistent, scientifically-grounded teaching on forest types was elaborated by the Russian scientist, Professor G. F. Morozov.

Since then much work on the study of oakery types has been done by a number of Russian silviculturists (Professor G. F. Morozov, Academician G. N. Vysotsky, Academician V. N. Sukachev). With the wealth of material in the field of forest growing conditions and oakery types accumulated by science in our country, a classification elaborated by the All-Union Scientific-Research Forest Institute, has been adopted in the forestry practice of the USSR today. According to this classification all the types of environmental conditions are divided into five economic groups: very dry oakeries, dry oakeries, fresh oakeries, humid and wet oakeries, flood-land oakeries. All these groups are in turn subdivided into forest type economic groups. For example, fresh oakeries are subdivided into hornbeam, birch bark, maple linden, spruce-hornbeam and spruce-maple-linden oakeries.

The history of oakery economy of the USSR, an analysis, of the literary, statistical and departmental materials show

that in the relatively recent past (the end of the XVIII century) oakeries occupied areas more extensive than nowadays. The destruction of oakeries and their transformation into forests of other types as a result of the capitalist system of production reached dangerous dimensions within the second half of the XIX century when about half of all the oakeries in the forest-steppe zone were cut down.

Clearing systems, a disregard for regeneration, inability to keep the oak self-sowing, in many cases resulted in turning compound seed oakeries of different age into verdure ones or at best into verdure-seed plantations. A considerable area of seed high-trunk oakeries owned privately was transformed into low-trunk forests with cutting rotations from 20 to 40 years. In many cases where oak stands had been situated before, hornbeam and asp groves, maple-linden plantations and shrub overgrowths sprang up.

In the Ukrainian SSR alone the area of plantations which replaced the oak-forests previously standing there, exceeds, according to the most modest calculations, 300,000 hectares.

In spite of the fact that in tsarist Russia silviculturists did much to study the nature of oak-forests, their regeneration and cultivation, the general state of oakeries under the capitalist economic system grew worse from year to year.

The Soviet government has passed a number of laws to improve the state of the forest fund of the Soviet Union, and of oakeries as well. Since 1929 the use of oakwood for the manufacture of certain articles has been restricted and measures outlined to restore and enlarge the raw-material base of hardwood deciduous species.

In 1931 almost all the oakeries situated on the plains of the European part of the USSR were declared to be a so-called forest-cultural zone where the principal task of forestry was afforestation of all the glades, waste-lands and cutting areas which had not been regenerated.

In 1936 water-protecting forest shelters were set apart and most of the oakeries were included in that list. Owing to the strict economic regime established in the forests of the water-protecting zone, to the limitation of industrial cutting, to the intensive development of artificial forest regeneration, to the introduction of compulsory cutting of forest maintenance, the general state

of wood in oakeries considerably improved and their total area increased.

Suffice it to say that in the Ukrainian SSR alone from 1931 to 1941, 200,000 hectares of land were planted and sown to oak-cultures in the state forest fund, not counting field-protecting belts and cultures in kolkhoz forests.

Since 1943 considerable areas of oak-forests were transferred to the forests of groups I and II.

In the forests of the first group industrial cutting was stopped. In the forests of the second group the volume of exploitation cutting does not exceed that of the average increase in the given forest economy. The measures indicated favourably affected the state of the oakeries, increased their productivity and extended the area they occupy.

Beginning from 1945, forest scientific institutions of the USSR, at the instructions of forestry departments, started extensive and diverse investigations into the present state of oakeries in the USSR, and outlined measures for further increasing their productivity and water-protecting shelter role.

At present forestry measures are differentiated.

In oakeries clearing systems are adopted within cutting areas, generally 50-100 meters wide, depending on the forest type.

In plots of special water-protecting shelter importance only group-selection and voluntary-selection systems are permitted.

Cutting in oakeries is permitted only in autumn and winter with simultaneous transportation of the timber from the territory of the cutting area.

The investigations undertaken and the special experiments to study the environmental factors, have established that where oakeries regenerate on the basis of seed-sowing, it is necessary to take into account two principal phases of the process of regeneration: springing up of self-sowing and its further development. The environmental factors favourable to self-sowing (germination of acorns) are not always favourable to its further development. The importance of the same environmental factors in the process of springing up and development of self-sowing varies in accordance with the geographical position of the region and the type

of environmental conditions. The established regularities of springing up and development of oak-tree self-sowing made it possible when considered in their interaction with the surroundings to find a new approach to the technical methods of rehabilitating the oak by sowing under the crown.

It has been established that the extent to which self-sowing is retained under thick crown plantations depends upon the type of their environmental conditions and upon their geographical location. The frequency of the disappearance of the self-sowing of the oak can be regulated with the help of silvicultural measures mainly by simplifying the structure of the plantations. The degree to which the crown can be thinned and the possibility of prolonging the period of self-sowing are different, depending on the different environmental factors. For example, in the fresh and dry oakeries of the southern forest-steppe it is possible by simplifying their structure to prolong the period of self-sowing for 4-5 years and to increase the number of young plants to the quantities sufficient for economic purposes while in fresh oakeries of the Byelorussian SSR self-sowing can be kept up for 10-12 years.

In recommendations⁵ made to preserve the oak-tree as a component of the undergrowth, special importance is attached to timely care of self-sown acorns and of young plants in cutting areas beginning from the first year after the plantation has been cut. Improvement of the plantation composition by increasing its oak-tree component is achieved by timely cutting of maintenance and in the first place by thinning and clearing it from dead stands. G. F. Morozov wrote in his time that "neglected oak-tree cultures are a useless waste of money and strength, simply senseless", and that "oak-tree cultures and tending of them should be indissolubly connected with each other."

The theory and practice of forestry have worked out original maintenance cutting-systems in oak-tree plantations (Molchanov's passage system and others). These systems if applied at the right time, and with due consideration for the environmental forest-growing conditions, assure the conservation of the oak-tree as a component of the plantations being formed.

Artificial oak-plantations have been created in our country for over a hundred years.

Classical examples of steppe forest cultivation on hundreds of thousands of hectares where oak is the principal forest-forming species prove that our native forestry science and practice have successfully solved the problem of planting artificial oak stands even under the harsh conditions of dry steppes. The most widespread and effective method of cultivation is sowing or planting of oak-trees in rows; tending of them is obligatory.

Oakeries are a seed storing base for large-scale afforestation work in the steppes. The need for a sufficient quantity of acorns every year has compelled us to study the reasons for the so-called "periodicity" of oak-tree fruit-bearing. Deep and thorough investigations have shown that such periodicity is not its biological attribute and that the oak-tree can bear fruit every year, favourable environmental factors permitting. It has also been established that one of the main factors that limits acorn picking is that acorns are damaged by *Balaninus glandium* and by *Laspeyresia splendana*.

Experimental production work on fighting the *Balaninus glandium* by means of spraying hexachloride from the air has shown its usefulness and the possibility to conserve the crop.

The history of forest economy in oakeries and the latest achievements of Soviet science and practice permit us to state that under the system of Soviet Socialist production the main problems of oakery economy in the USSR have been solved.

Now Soviet science and practice are working on the solution of the following immediate tasks in the field of oakery economy:

1. Reconstruction of low-value, disorganized and low productivity oak plantations.

2. Enlargement of the area of oak-tree plantations mainly by means of removing the asp, horbeam, linden and other groves which in the past had replaced the valuable and high-productive oak-tree plantations. According to tentative calculations it will be possible by this measure to increase the area of oakeries to one million hectares.

3. Establishment of those industrial cutting-systems in mountain oakeries of the North Caucasus that would allow the use of complex mechanization of lumbering and at the same time assure

effective regeneration of forests and conservation of their water-protecting shelter functions.

4. Specification of forest rehabilitation cutting systems in the forests of group I, with simultaneous determination of the plantation's age for shelter functions.

5. Further improvement of the methods of air-chemistry to combat the most harmful oak-forest pests.

*The All-Union Scientific-Research
Institute of Forestry
of the Ministry of Agriculture of the USSR
Pushkino*

В. Е. ВИХРОВ

**ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОЕНИЯ
И ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ
В СВЯЗИ С ТИПАМИ ЛЕСА**

V. E. VIKHROV

**INVESTIGATIONS ON THE STRUCTURE
AND TECHNICAL PROPERTIES OF WOOD
ACCORDING TO FOREST TYPES**

ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОЕНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ В СВЯЗИ С ТИПАМИ ЛЕСА

Несмотря на широкое применение промышленностью в последние годы разного рода металлических и неметаллических материалов, потребность народного хозяйства СССР в высококачественной древесине из года в год возрастает. Поэтому одной из главных задач лесоводства остается создание высокопроизводительных древостоев, дающих древесину отличных технических качеств.

Вопрос о том, в каких условиях роста формируется наиболее прочная древесина с наименьшим поражением ее различными пороками, давно занимал русских лесоводов. Еще в начале прошлого столетия в России были проведены небольшие опыты, в которых исследователи стремились выявить связь между качеством древесины и условиями произрастания деревьев.

Позднее, в начале текущего столетия, в России под влиянием Г. Ф. Морозова, разрабатывавшего в то время учение о типах леса, было проведено несколько исследований свойств древесины в связи с добротностью почв, положением деревьев в насаждении и районами роста. Хотя эти работы и выявили влияние некоторых факторов среды на свойства древесины, но они не были проведены на лесотипологической основе. В то время осуществить определение свойств древесины с всесторонним учетом условий произрастания было весьма трудно. Лесная типология еще не была достаточно разработана, и установление типов леса с учетом многообразных и сложных особенностей их представляло значительные затруднения; не были ясны и некоторые вопросы методики исследований древесины.

В результате научной деятельности многих советских ученых, за последние 30 лет разработаны методы закладки пробных площадей, отбора модельных деревьев и определения физико-механических свойств древесины, ставшие обязательными для исследований, проводимых в Советском Союзе. Это позволило организовать порайонное изучение древесины со всесторонним учетом условий произрастания, характера леса и прежде всего его типов.

Эти исследования подтвердили, что достоверные и практически важные различия в свойствах древесины наблюдаются в крайних типах леса по ряду признаков (бонитету, составу, полноте, влажности почвы, рельефу), далеко стоящих друг от друга, и что при закладке пробных площадей необходимо возможно полнее и всестороннее учитывать биологические и лесоводственные особенности лесного биогеоценоза.

Исследования строения и свойств древесины на лесотипологической основе базируются на одном из коренных положений современной материалистической биологической науки — на учении о единстве, о взаимосвязи растительности и всех условий ее существования. Это положение применительно к лесу было всесторонне разработано академиком В. Н. Сукачевым в учении о лесных биогеоценозах, заложившем научные основы комплексного всестороннего исследования наших лесов. В любом типе леса условия произрастания в каждый отдельный момент определяются совокупностью воздействия растительных и животных организмов и внешней физико-географической обстановки.

При исследовании свойств древесины в связи с типами леса особенно важно не только учесть общее влияние условий произрастания на процессы формирования древесины, но в ряде случаев и установить преимущественное значение того или иного фактора в отдельности. Несомненно, что в каждом типе леса общее воздействие всех факторов будет различным, как будут различны и главные действующие факторы. Поэтому для решения поставленной задачи требуется всесторонний и глубокий анализ лесорастительных условий и особенностей древесно-

Особое внимание при этих исследованиях должно быть обращено на строение древесины. Известно, что внешние условия существования вызывают у растений экологические приспособления, которые являются следствием отношения данного растения к окружающей среде. Среда, воздействуя на растение, влияет на процесс обмена веществ в нем, а этот последний — на его форму, внешнюю и внутреннюю морфологию. Изучение связи строения древесины с условиями произрастания имеет исключительно большое значение, так как особенности ее строения в значительной степени влияют на ее физико-механические свойства. Такие признаки, как диаметр и длина анатомических элементов, толщина оболочек клеток и соотношение различных тканей, в основном определяют прочность древесины. Поэтому при изучении влияния условий произрастания на ее строение и при исследовании связи физико-механических свойств древесины с ее строением устанавливается цепь закономерностей и вскрывается сущность происходящих явлений.

В последующем постараемся кратко осветить результаты некоторых экспериментальных работ.

Влияние типов леса на технические свойства древесины проявляется главным образом через изменение микроскопического строения, величину прироста древесины, образование и развитие тех или иных паразитарных и непаразитарных пороков (гнили, суковатости, косослоя, крени и др.).

По хвойным наибольшее количество работ было выполнено в отношении древесины сосны (*Pinus silvestris* L.).

В лесах севера европейской части СССР наибольшими запасами высококачественной древесины характеризуются боры-зеленомошники (*Pinetum hylocomiosum*). Наиболее высокие показатели физико-механических свойств древесины свойственны типу леса — бор-брусничник (*Pinetum vacciniosum*), а наименьшие — сфагновому сосняку (*Pinetum sphagnosum*). Остальные типы леса по прочности древесины занимают промежуточное положение.

Различия в прочности обуславливаются рядом причин. У деревьев сосняка-брусничника камбий пробуждается на 7–10 дней раньше и более интенсивно откладывает клетки древесины, чем у деревьев сосняка сфагнового. По-разному в этих

типах леса происходят процессы формирования годичного слоя и утолщения клеточных оболочек. Так, в древесине из сосняка-брусничника образуется в среднем 30% поздней зоны, а толщина оболочек ее трахеид составляет 9,7 микрон, в древесине же из сфагнового сосняка — поздней зоны 20—25%, а толщина оболочек — 6 микрон. В результате древесина бора-брусничника в среднем на 15—20% прочнее древесины из сосняка сфагнового.

Приведем небольшую таблицу средних статистических показателей свойств древесины сосны северных районов страны по типам леса (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Среднестатистические показатели свойств древесины сосны северных районов СССР по типам леса

Тип леса	Бонитет	Объемный вес, г/см ³	Предел прочности при сжатии вдоль волокон, кг/см ²
Бор-зеленомошник (<i>Pinetum hylocomiosum</i>)	III	0,55	525
Сосняк-черничник (<i>Pinetum myrtillosum</i>)	IV	0,52	478
Сосняк-мохово-лишайниковый (<i>Pinetum cladinoso-hylocomiosum</i>)	IV	0,51	471
Сосняк вахтово-сфагновый (<i>Pinetum menyanthoso-sphagnosum</i>)	V	0,48	406

Аналогичные результаты получены и для сосны из Брянской области и из Сибири. У сосны из Сибири наиболее высокие показатели свойств древесины дает тип леса бор травяной (*Pinetum herbosum*) II и III бонитетов (объемный вес — 0,55 г/см³; предел прочности при сжатии—489 кг/см²), а наиболее низкие — бор-долгомошник (*Pinetum polytrichosum*) IV бонитета (объемный вес—0,47г/см³; предел прочности при сжатии—360 кг/см²).

Следует подчеркнуть, что для каждой области роста существует своя средняя «оптимальная» ширина годичного слоя, при которой прочность древесины бывает наиболь-

шей. Эта ширина, характеризующая повышенную прочность древесины, наблюдается в каждом районе в определенной, сравнительно небольшой группе типов леса.

Большие различия по типам леса бывают и в отношении поражения древесины всевозможными пороками, с чем связано получение сортиментов разного качества (табл. 2). В вересково-мшистом бору (*Pinetum callunoso-polytrichosum*), бору-долгомошнике (*Pinetum polytrichosum*) и сфагновых сосняках (*Pinetum sphagnosum*) пороки древесины (суковатость, кривизна, закомелистость, морозобоины и др.) встречаются чаще и развиты значительно больше, чем в других, более производительных типах леса.

Т а б л и ц а 2

Выходы сортиментов (в % от запаса ликвидной древесины) в столетних древостоях различных типов леса европейского Севера СССР

	Пиломатериал			Строительные бревна	Шпалы	Мелкопарник	Дрова
	I сорт	II сорт	III сорт				
Бор-зеленомошник (<i>Pinetum hylocomiosum</i>) .	30	13	4	9	3	21	20
Бор лишайниковый (<i>Pinetum cladinosum</i>) . .	17	10	3	6	6	22	36
Сосняк сфагновый (<i>Pinetum sphagnosum</i>) .	5	3	1	3	2	46	40

Велика разница и в выходе сортиментов, к которым промышленность СССР предъявляет особенно высокие требования. Число деревьев, дающих эти сортименты (в процентах от всех деревьев древостоя), в среднем составляет в типе бор травяной (*Pinetum herbosum*) 32%, бор-брусничник (*Pinetum vacciniosum*) 27%, вересково-мшистый (*Pinetum callunoso-polytrichosum*) 15% и бор-долгомошник (*Pinetum polytrichosum*) 13%.

Из лиственных пород наиболее подробно изучалась древесина дуба. В течение семи лет лаборатория древесиноведения Института леса АН СССР проводила по широкой программе исследования строения и технических свойств древесины дуба

(*Quercus robur* L.) с учетом его формового разнообразия и условий произрастания.

Цель исследований сводилась к установлению связи между условиями произрастания дуба и физико-механическими свойствами его древесины. При этом изучались не только особенности той или иной структуры древесины и ее свойства, возникшие при разных условиях произрастания, но в ряде случаев устанавливались и причины, вызывающие появление этих особенностей.

Древесина дуба исследовалась в лесостепной полосе в трех группах основных разностей типов леса: в нагорной дубраве (*Fraxineto-quercetum aegopodiosum* и *Fraxineto-quercetum caricoso-aegopodiosum*), в дубравах на солонцеватых почвах (*Quercetum salinum*) и пойменных дубравах (*Quercetum inundatum*).

Типы леса, в которых были заложены пробные площади, весьма резко отличались между собой. Так, у дуба солонцеватых дубрав в летнее время возникала физиологическая засуха, нагорные же дубравы на темно- и светлосерых суглинках представляли собой наиболее благоприятные условия для произрастания этой породы; для пойменных дубрав была характерна повышенная влажность почвы.

Весьма своеобразные условия произрастания солонцового дуба, испытывающего в весеннее время избыточное увлажнение, а летом — физиологическую засуху, наложили глубокий отпечаток на строение и технические свойства его древесины.

На солонцеватых почвах более успешно произрастает дуб ранней формы, развертывающий листья на 20—30 дней раньше дуба поздней формы. Более раннее начало вегетационного периода позволяет дубам ранней формы полнее использовать весенние запасы воды в почве и в результате в меньшей мере страдать летом от физической и физиологической засухи. У солонцового дуба, растущего летом в весьма тяжелых условиях, хорошо развита заболонь, в древесине наблюдаются очень узкие годичные слои с небольшим процентом поздней зоны и очень пористая мелкоклеточная структура со значительным содержанием сосудов и небольшим объемом волокон либриформа. В нагорных типах леса успешно произрастают

дубы и ранней и поздней форм. Деревья в этих типах леса отличаются высоким приростом древесины с хорошо развитой поздней зоной годичного слоя, содержащей значительное количество волокон либриформа. Древесина дуба пойменных дубрав по своему строению приближается к строению древесины нагорного дуба (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Средние статистические показатели строения древесины дуба разных типов леса

Тип леса	Площадь заболони, %	Влажность древесины, %		Средняя ширина годичных слоев, мм	Процент поздней части годичного слоя	Объем тканей, %		
		заболони	идра			сосудов	волокон либриформа и трахеид	сердцевинных лучей
Солонцовая дубрава	42,4	69,0	50	1,16	60	30,4	47,3	22,12
Нагорная дубрава	19,4	72,0	73,0	2,13	67	21,9	55,85	22,25
Пойменная дубрава	12,7	74,0	72,0	2,00	80	26,2	48,0	25,8

Интересно, что микроскопическое строение ранней зоны годичного слоя у нагорного и солонцового дуба относительно одинаковое, а поздней — различное. Объясняется это отчасти тем, что при образовании ранней зоны годичного слоя водный режим в солонцеватых и нагорных дубравах более или менее одинаков, а в период отложения поздней — различен. Все отличия между нагорным и солонцовым дубом в микроскопическом строении древесины носят количественный характер и затрагивают лишь процентное соотношение тканей и размеры анатомических элементов.

Деревья дуба, выросшие в разных типах леса и имеющие различия в строении древесины, обладают и разными показателями физико-механических свойств. Древесина дуба из нагорных дубрав на 20—40 % (в зависимости от видов сопротивления) прочнее древесины дуба из солонцеватых дубрав и на 10—20 %

из пойменных. У дуба из солонцеватых дубрав хрупкость древесины особенно велика; при действии динамических нагрузок эта древесина легко разрушается.

В целом наши исследования показали, что наиболее прочная древесина дуба формируется в многоярусных и смешанных древостоях I и II бонитетов у деревьев I и II классов роста (по Крафту) позднораспускающейся формы. Древесина дуба ранораспускающейся формы в типах леса высокой производительности значительно уступает в показателях прочности древесине деревьев поздней формы. На солонцеватых же почвах дуб ранораспускающейся формы, полнее используя запасы осенне-зимней воды в почве, более устойчив против засухи, образует больший прирост древесины за счет поздней части годичного слоя и формирует несколько более прочную древесину по сравнению с дубом поздней формы, произрастающим в тех же условиях. Поскольку признаки формового разнообразия дуба передаются по наследству, целесообразно рекомендовать для культуры дуба в засушливых районах и на солонцеватых почвах ранораспускающуюся форму, как более устойчивую и дающую в этих условиях прочную древесину. В других же случаях, если от дуба не требуется повышенная засухоустойчивость, следует вводить в культуру дуб позднораспускающейся формы, обладающий рядом положительных лесоводственных свойств и в хороших условиях роста дающий древесину высоких качеств.

Очень большое различие в связи с типами леса наблюдается в поражении древесины дуба разными пороками. В пойменной дубраве дуб сильно поврежден морозобойными трещинами и дереворазрушающими грибами. Однако в пойменной дубраве возможна заготовка высококачественных сортиментов. В древостоях же солонцового дуба очень сильно распространены непаразитарные пороки. Многие стволы двух-трехвершинны, искривлены, косослойны, свилеваты и закомелисты. В таких случаях возможно заготавливать главным образом дрова и лишь небольшое количество строительных бревен. Менее всего поражены нагорные дубравы. Здесь образуются смешанные и многоярусные насаждения I и II бонитетов с полнодревесными стволами, хорошо очищенными от сучьев, с высоко расположенной кроной и высокими техническими качествами древесины.

Исследование древесины с учетом типов леса имеет практическое значение и для лесной промышленности и для лесного хозяйства. Сведения о строении, физико-механических свойствах древесины, поражении ее пороками и выходе сортиментов позволяют судить о качестве древесины на корню и правильно определять ее целевое назначение по типам леса. Это значительно облегчает отбор и заготовку высококачественных сортиментов. Отбор и клеймение деревьев сосны, ели и отчасти березы по типам леса вошли в лесозаготовительную практику лесов севера, а дуба — в лесах центральных районов нечерноземной полосы европейской части Советского Союза.

На основании вскрытых закономерностей изменения свойств древесины, в зависимости от условий произрастания, можно наметить лесохозяйственные мероприятия для получения древесины высоких качеств. Кроме того, данные о свойствах древесины в связи с условиями роста должны быть учитываемы при создании типов лесных культур.

*Институт леса
Академии Наук СССР
Москва*

INVESTIGATIONS ON THE STRUCTURE AND TECHNICAL PROPERTIES OF WOOD ACCORDING TO FOREST TYPES

In spite of the fact that in recent years metal and non-metal materials have been widely applied in various building works the requirements of the national economy of the USSR for high-grade wood are increasing from year to year. Therefore, one of the major tasks of forestry is cultivation of high-efficiency stands able to yield wood of excellent technical properties.

The problem of necessary environmental conditions for cultivation of tree-species which have the most durable wood and as few defects as possible has long been of interest for Russian silviculturists. As far back as the turn of the last century some minor experiments were carried out in Russia by means of which the investigators sought to reveal the dependence between the environmental conditions of trees and the quality of their wood.

Subsequently, at the beginning of this century, in Russia, under the influence of G. F. Morozov, who was engaged at that time in elaborating his teaching on forest types, several investigations were made as to the dependence between wood properties and quality of soils, position of trees in a plantation and location of the districts where the trees had been planted. Although these works have proved that some environmental factors do act on the properties of wood, they were not, however, based on the principle of forest typology. It was difficult at that time to determine the properties of wood with an all-round consideration of environmental conditions. Forest typology was still insufficiently developed to establish forest types with regard to

their multiform and complex peculiarities; unclear also were some aspects of methodology of wood research.

As a result of scientific activity of many Soviet scientists in the last thirty years methods have been worked out of laying out experimental plots, selecting model trees and determining the physical and mechanical properties of wood—these are obligatory findings for all investigations of this kind in the Soviet Union. These make it possible to study wood according to districts with a thorough appraisal of the environmental conditions, nature of the forest and, above all, its types.

These investigations have confirmed that verified and practically important differences in properties of wood are peculiar to extreme forest types differentiated according to a number of characteristics (bonitet, composition, density, soil moisture, locality relief) and that when laying out experimental plots it is necessary to take into account as thoroughly as possible all biological and forestry peculiarities of forest biogeocenosis.

Investigations of the structure and properties of wood according to forest types are based on one of the fundamentals of modern materialistic biological science: teaching on unity and interdependence between vegetation and all the conditions of its existence. This fundamental applied to forest has been thoroughly elaborated by Academician V. N. Sukachev in his teachings on forest biogeocenoses where he laid down the scientific foundations of a complex and thorough investigation of our forests. In any forest type environmental conditions at every fixed moment are determined by the combined action on the part of vegetable and animal organisms and external physical-geographical conditions. When investigating the properties of wood according to forest types it is especially important not only to take into account the influence of environmental conditions on wood formation processes but also to determine in some cases which factor is preponderant. No doubt in every forest type the general action of all factors will be different and in the same way the principal factors will be different.

Therefore, in order to solve the task we are confronted with, it is necessary to make a thorough-going analysis of forest environmental conditions and peculiarities of stands.

Special heed should be taken in these investigations of the structure of wood. It is known that external conditions of existence give rise to ecological adaptation of plants which is the reaction of a given plant to its environment. Environmental conditions acting in a plant influence its metabolism which, in turn, acts on its shape, external and internal morphology. The study of dependence between the structure of wood and environmental conditions of a forest is of extremely great importance inasmuch as structural peculiarities of wood determine to a considerable extent its physical-mechanical properties. Such indications as diameter and length of anatomical elements, thickness of cell coats and the correlation between different tissues determine, in the main, the durability of wood. Therefore, when studying the influence of environmental conditions on wood structure and investigating the dependence between the physical-mechanical properties of wood and its structure, a chain of regularities is to be established and the essence of the phenomena which take place should be revealed.

Further we shall try to set forth in brief the results of some experiments.

Influence of forest types on technical properties of wood manifests itself mainly through change of microstructure, quantity of wood increase, formation and development of those or other parasitic and non-parasitic defects (decay, knottiness, crookedness, twisting, etc.). As to conifers, most of the experiments were made on pinewood (*Pinus silvestris* L.).

In the forests of the North-European part of the USSR the greatest stocks of high-grade wood are characteristic for green-moss pineries (*Pinetum hylocomiosum*). The highest indices of physical-mechanical properties of wood are peculiar to forest type — cowberry pinery (*Pinetum vacciniosum*) and the lowest — to sphagnum pinery (*Pinetum sphagnosum*). The rest of the forest types in point of durability come somewhere in between.

Differences in durability are conditioned by a number of reasons. Cambium of trees in cowberry pinery begins 7-10 days earlier and forms wood cells more intensively than trees in sphagnum pinery. Different in these forest types are also the formation

of annual layers and the process of thickening of the cell coats. For example, wood from cowberry pinery makes the average per cent to the total of the late zone equal to 30 per cent and tracheid coats 9.7μ thick; wood from sphagnum pinery makes the per cent to the total of the late zone equal to 20-25, and the coats 6μ thick. As a result wood from cowberry pinery is on an average 15-20 per cent more durable than that from sphagnum pinery.

Here is a short table of average statistical indices characterizing the properties of pinewood from northern regions according to forest types (Table 1).

Average statistical indices characterizing the properties of pinewood from northern regions of the USSR according to forest types

Forest type	Bonitet	Volumetric weight, gr/cm ³	Strength limit of wood compressed along its grain, kg/cm ²
Green-moss pinery (<i>Pinetum hylocomiosum</i>)	III	0.55	525
Whortleberry pinery (<i>Pinetum myrtillosum</i>)	IV	0.52	478
Moss-lichen pinery (<i>Pinetum cladinoso-hylocomiosum</i>)—sphagnum pinery	IV	0.51	471
(<i>Pinetum menyanthoso-sphagnosum</i>)	V	0.48	406

Analogous figures have also been obtained for pinewood from the Bryansk region and from Siberia. The Siberian wood has shown the highest indices of pine-tree properties in the forest type—grassy pinery (*Pinetum herbosum*) of bonitets II and III (volumetric weight — 0.55 gr/cm³, strength limit on compressing — 489 kg/cm²) and the lowest—for a pine-tree in haircap moss pinery (*Pinetum polytrichosum*) of bonitet IV (volumetric weight—0.47, strength on compressing — 360 kg/cm²)

It is necessary to emphasize that every forest region or district has its own average "optimal" thickness of annual

layer which corresponds to the maximum durability of wood. This thickness characterizing a greater strength of wood is peculiar in every district to a relatively small group of forest types.

Forest types differ widely as regards their wood affected by all sorts of disease, thus resulting in a yield of wood of different qualities (Table 2). In heather-moss pinery (*Pinetum callunoso-polytrichosum*), haircap-moss pinery (*Pinetum polytrichosum*) and sphagnum pinery (*Pinetum sphagnosum*) wood defects — knottiness, crookedness, waviness, frost-clefts, etc., occur more frequently and are developed to a considerably greater extent than in other more productive forest types.

Table 2

Output of timber materials (in per cent to the total volume lumbered) for centennial stands of different forest types in the North-European part of the USSR

Forest type	Saw logs			Building beams	Sleepers	Small timber materials	Fire-wood
	grade I	grade II	grade III				
Green-moss pinery (<i>Pinetum hylocomiosum</i>)	30	13	4	9	3	21	20
Reindeer-moss pinery (<i>Pinetum cladinosum</i>)	17	10	3	6	6	22	36
Sphagnum pinery (<i>Pinetum sphagnosum</i>)	5	3	1	3	2	46	40

The output of high quality timber specially needed by USSR industry will also be different. The number of trees which this timber is produced from (in per cent to their total number in the stand) averages in the forest type grassy pinery (*Pinetum herbosum*) — 32 per cent, cowberry pinery (*Pinetum vacciniosum*) — 27 per cent, heather-moss pinery (*Pinetum callunoso-polytrichosum*) — 15 per cent and haircap-moss pinery (*Pinetum polytrichosum*) — 13 per cent.

Of all the wood of deciduous species that of oak has been studied most fully. For seven years the Wood Research Laboratory

of the Institute of Forests of the Academy of Sciences of the USSR has been carrying on investigations of the structure and technical properties of oakwood (*Quercus robur* L.), taking into account the form of oak varieties and its environmental conditions.

These investigations were carried out for the purpose of establishing the dependence between the environmental conditions of oak and the physical-mechanical properties of its wood. Studies were made not only of the peculiarities of one or another wood structure and the manifestation of its properties under different environmental conditions, but in a number of cases the reasons for these peculiarities as well.

Oakwood was investigated in the forest-steppe zone within three groups of different oakery types: in mountain oakery (*Fraxineto-quercetum aegopodiosum* and *Fraxineto-quercetum caricoso-aegopodiosum*), in saline-soil oakeries (*Quercetum salinum*) and in floodland oakeries (*Quercetum inundatum*). The forest types within which experimental plots had been laid out were sharply different from each other. For example, oak-trees of the saline-soil oakeries showed in summertime physiological drought, while the oakeries in dark and light grey loams provided the most favourable conditions for growth of this tree species for increased soil moisture was characteristic of floodland oakeries.

Very peculiar environmental conditions of saline-soil oak suffering from excessive damping in spring and physiological drought in summer greatly affect the structure and mechanical properties of its wood.

It is the early form of oak-tree, sprouting leaves 20-30 days earlier than the oak-tree of late form, that grows better on saline soils. Oak-trees of early form beginning their vegetal period earlier absorb a greater quantity of spring water stocks in the soil and consequently in summer time suffer less from physical and physiological drought. A saline-soil oak-tree growing in summer under very hard conditions has a well-developed sapwood, its wood has very narrow annual rings with a small percentage of the late part of the annual ring and very porous small-cell structure with a considerable quantity of vessels at the expense of the volume of the libriform grain. In mountain forest types both early and late forms of oak-tree grow well. The trees in these forest

types are distinguished by a high increase in wood with a well-developed late part of the annual ring containing a considerable quantity of libriform grain. The wood structure of oak in floodland oakeries is approximately the same as the structure of oakwood in mountain oakeries (Table 3).

Table 3
Average statistical figures showing the structure of oakwood
from different forest types

Forest type	Sap-wood	Wood moisture in per cent		Average thickness of the annual layers, in mm	Per cent of the late part of the annual layer	Volume of tissues, in per cent		
		Sapwood	Heartwood			Vessels	Libriform and tracheid grain	Medullary rays
Saline-soil oakery	42.4	69.0	50	1.16	60	30.4	47.3	22.12
Mountain oakery	49.4	72.0	73.0	2.13	67	21.9	55.85	22.25
Floodland oakery	12.7	74.0	72.0	2.00	80	26.2	48.0	25.8

It is interesting to note that oakwood both from mountain and saline-soil oakeries has almost the same microscopic structure of the early zone of the annual layer and different structure of the late zone. This is partially explained by the fact that during the period of formation of the early zone of the annual layer the water regime both in saline-soil and mountain oakeries is, more or less the same, whereas during the period of formation of the late zone it is different. The differences in microscopic structure of wood from mountain and saline-soil oakeries are of a quantitative character for they concern only percentage correlation of tissues and the dimensions of the anatomical elements.

Oak-trees grown in different forest types and with different wood structure possess different physical-mechanical properties. Oakwood from mountain oakeries is 20-40 per cent (depending on the kind of load) more durable than that from saline-soil oakeries and 10-20 per cent as compared with that from floodland oakeries. Oakwood from saline-soil oakeries shows a very high degree of brittleness and crumbles easily under dynamic loads.

On the whole, our investigations have shown that the most durable oakwood is formed by the late blossoming trees of the first and second growth classes (according to Kraft) in many-storeyed and mixed stands of bonitets I and II. Wood produced by early blossoming oak tree in high-productive forest types shows considerably worse durability as compared with that formed by late blossoming varieties. As to the early blossoming oak-tree growing on saline soils and absorbing a greater quantity of autumn-winter water stock in the soil, it is more drought-proof, gives greater increase in wood at the expense of the late part of the annual layer and forms more durable wood as compared with that of the late blossoming variety growing under the same conditions. Since the signs of form variety are inherited, it is rational to recommend as an oak culture for arid regions and saline soils the early blossoming oak-tree because under these conditions it shows greater resistance and yields more durable wood. In other cases, if increased drought-proofness is not required from an oak-tree, the late blossoming variety should be introduced as possessing a number of positive forestry qualities and giving under favourable environmental conditions wood of high quality.

There are vast differences among forest types as a result of oak suffering from various defects. In floodlands oak-trees are greatly affected by frost-clefts and wood destructive fungi. Nevertheless, it is possible to store in floodland oakeries assortments of high quality. As to the saline-soil oak-tree, in its stands non-parasitic defects are widely spread. Many trunks are double and triple topped, oblique layered, knaggy, and wavy grained. In such cases it is possible to store here only firewood and a small quantity of building beams. The least affected are mountain oakeries. Mixed and many-storeyed plantations are formed here of bonitets I and II with full trunks, well cleared of branches, with high crowns and wood of good mechanical quality.

Investigation of wood according to forest types is of practical importance both for the forest industry and forest economy. Information on the structure, physical and mechanical properties of wood, degree of its affliction by defects and yield gradation makes it possible to judge the wood quality of trees not felled and to determine correctly its practical application proceeding from

forest types. It considerably simplifies selection and production of high-quality timber materials. Selection and marking of pine, spruce and partially birch according to forest types has become a practice in wood-storing work in forests of the north, and in storing oakwood in the forests of the central regions of the non-black-earth belt of the European part of the Soviet Union.

On the other hand, on the basis of the regularities revealed governing changes in wood properties depending on environmental conditions, it is possible to work out a program of silvicultural measures to obtain wood of high quality. Furthermore, the data on wood properties as dependent on environmental conditions should be taken into account when creating new types of forest cultures.

*The Institute of Forests
of the Academy
of Sciences of the USSR
Moscow*

И. С. ШИНЕВ

ПОДГОТОВКА ОСВОЕНИЯ ЛЕСОВ
В МНОГОЛЕСНЫХ РАЙОНАХ
СССР

I. S. SHINYEY

PREPARATION OF FOREST
EXPLOITATION IN DENSELY-FORESTED AREAS
OF THE USSR

ПОДГОТОВКА ОСВОЕНИЯ ЛЕСОВ В МНОГОЛЕСНЫХ РАЙОНАХ СССР

Лесное хозяйство и лесная промышленность СССР уже на протяжении трех десятилетий развиваются под знаком непрерывного и все более нарастающего спроса на древесину со стороны народного хозяйства и населения страны при одновременном стремлении широко использовать водоохранный-защитное значение лесов. Советское государство в наследство от дореволюционной России получило сравнительно отсталое лесное хозяйство с достаточно истощенными лесами в центральных промышленно развитых районах и еще более отсталую лесопромышленность, лишенную какой бы то ни было современной лесозаготовительной техники и кадровых рабочих.

В этих условиях задача все более широкого удовлетворения растущего спроса народного хозяйства и населения на древесину могла быть успешно решена лишь на основе нового подхода ко всему лесному делу, в первую очередь к лесозаготовке. В частности, надо было:

1) постепенно, но во все больших масштабах переносить лесозаготовки из малолесных районов юга, запада и центра европейской части СССР в многолесные северные и северо-восточные районы при одновременном широком развитии их в азиатской части;

2) широко механизировать лесозаготовки, в первую очередь тяжелые и трудоемкие процессы;

3) помочь лесозаготовительным органам обзавестись постоянными кадрами квалифицированных рабочих и инженерно-технических кадров.

Разумеется, нельзя было рассчитывать, что все эти новые факторы организации лесозаготовки появятся в порядке самотека.

Здесь требовались активные усилия государства. Надо было создать в многолесных районах многие десятки и сотни новых, технически хорошо оснащенных лесозаготовительных предприятий и для этого, в свою очередь, потребовалось широко развернуть экономические изыскания по выявлению и оценке сырьевой базы для вновь создаваемых предприятий и работы по проектированию последних. О том, насколько большой размах должны были получить эти работы за последние десятилетия, ярко свидетельствуют следующие данные о росте удельного веса многолесных районов в общем отпуске леса по стране. В 1953 г. в лесосечном фонде, переданном лесозаготовителям, леса многолесных районов (третьей группы) заняли 69% против 25% в 1932 г. и 16% в 1913 г. Для характеристики происходившего при этом роста и технической вооруженности лесозаготовок можно привести следующие данные. В 1953 г. удельный вес механизированных работ по Министерству лесной промышленности СССР составил: на валке леса — 80%, на подвозке — 60% и на вывозке — 73%. Между тем два десятка лет назад эта отрасль не имела никакой техники.

В целях расширения лесозаготовки в многолесных районах страны в ближайшие два года намечается довести уровень механизации лесозаготовительных процессов на валке леса до 100%, подвозке леса — до 90%, вывозке леса — до 90%, а по второстепенным процессам — обрубке сучьев — до 80%, и погрузке — до 90%.

Для решения этой задачи промышленные предприятия СССР изготовят и поставят в лесозаготовительные районы страны в дополнение к имеющейся лесозаготовительной технике многие тысячи новых мощных тракторов, автомобилей, специальных кранов для погрузки, мощных дизельных электростанций и разного другого оборудования.

Для дальнейшего совершенствования механизации процессов труда на лесозаготовках применяется новая технология в лесозаготовке — вывозка стволов с сучьями на нижний склад. Вся дальнейшая обработка и переработка древесины

производится на нижних складах при помощи стационарных машин и механизмов. Это позволяет наиболее полно использовать древесину, поднять производительность труда и, главным образом, значительно улучшить культурно-бытовое обслуживание рабочих.

Проводимые меры в ближайшее время позволяют значительно увеличить объем лесозаготовок в многолесных районах и соответственно сократить их в малолесных областях.

Но решение этой задачи, как и достигнутое расширение лесозаготовок, требует проведения больших подготовительных работ по освоению лесов.

Выработавшаяся в СССР практика промышленного освоения лесов многолесных районов позволяет говорить в настоящее время о следующих фазах или элементах планово-организационной подготовки лесозаготовок:

1) инвентаризация и устройство лесов, выполняемые органами лесного хозяйства;

2) разработка генеральной схемы освоения лесов, на основе которой выдается плановое задание для проектирования лесозаготовительных и лесообрабатывающих предприятий и производится, в случае необходимости, закрепление сырьевой базы за лесозаготовительной организацией;

3) разработка проектного задания по организации новых лесозаготовительных предприятий или отдельного предприятия, с составлением в отдельных, наиболее сложных случаях технических проектов;

4) составление рабочих чертежей.

Из всех этих элементов наиболее новым и оригинальным для условий лесного хозяйства СССР является, пожалуй, разработка генеральной схемы освоения лесов, что и заставляет нас сосредоточить свое внимание именно на ней.

Генеральные схемы промышленного освоения лесов представляют собой технико-экономические исследования и расчеты по рациональному размещению лесозаготовок в пространстве и во времени и дают предварительные соображения и расчеты по развитию и размещению деревообрабатывающих и перерабатывающих древесины предприятий в данном районе.

Разработка генеральных схем складывается из двух частей или фаз работы:

- 1) общей экономической характеристики и оценки района освоения и его лесосырьевых ресурсов;
- 2) составления самой схемы промышленного освоения этих ресурсов.

В первой части работ особо видное место занимает эксплуатационное районирование лесов. Важнейшим признаком, который берется в основу формирования лесоэксплуатационных районов, является территориальное и грузопоточное тяготение лесных массивов к той или другой транзитной магистрали или к определенным районам и крупным пунктам потребления древесины. Поэтому практически лесоэксплуатационные районы представляют собой обширную, с достаточно четко выраженными экономическими и природными границами территорию лесов, объединенных общностью транспортных магистралей, направления грузопотока и назначения лесных грузов.

Лесоэксплуатационный район, как крупная совокупность географически смежных лесных массивов, не может быть вполне однородным. Отдельные его части, как это освещено в советской литературе по вопросам лесозаготовок, могут:

- а) тяготеть к транзитным магистралям разного типа (к основной водной магистрали, к ее притокам первого и второго порядка, к железной дороге);
- б) оказаться самостоятельными источниками лесоснабжения существующих и вновь намечаемых к строительству промышленных предприятий;
- в) иметь резко различную степень использования этих лесов.

Одни лесоэксплуатационные районы могут охватывать очень большую территорию (например, лесоэксплуатационный район бассейна р. Северная Двина с ее притоками), другие — сравнительно небольшую территорию (например, бассейн какой-либо небольшой реки или отдельный район железнодорожной магистрали).

На первой же фазе разработки генеральной схемы применительно к выявленным лесоэксплуатационным районам устанавливаются возможные размеры и территориальное размещение лесозаготовок. При установлении размера заготовок леса

в районе учитывают принятый порядок использования лесов в соответствии с принадлежностью их к той или иной группе. Территориальное размещение лесозаготовок производится с учетом необходимости использования в первую очередь спелых и перестойных лесов и возможностей приближения промышленных предприятий к источникам сырья. Промышленные заготовки леса намечаются, в частности, там, где при достаточных запасах древесины продукция может быть эффективно употреблена или обработана и переработана на месте, а также в тех пунктах, откуда она может быть свободно вывезена в другие районы. При размещении лесозаготовок стремятся не допускать диспропорции между наличными запасами, производством и потреблением древесины.

Для того чтобы правильно решить вопрос о размере лесозаготовок в том или другом экономическом районе, составляется предварительный баланс производства и потребления древесины в районном разрезе.

Исходными положениями для разработки такого баланса по району являются: размер потребности в древесине, общее количество и размещение древесных запасов, производственные мощности предприятий лесной промышленности, направление и пропускная способность транзитных путей для перевозки леса и пр.

Лесонасыщенные районы должны рассматриваться в качестве источников снабжения лесоматериалами малолесных и безлесных областей внутри и вне данного района (при соблюдении рациональных направлений и расстояний для грузопотоков), а также как места для организации новых деревообрабатывающих и перерабатывающих древесину предприятий.

В результате составления баланса производства и потребления древесины каждый лесозаготовительный район получает определенное значение, прикрепляется к пунктам или районам потребления древесины и на этой основе устанавливается схема снабжения древесиной основных потребителей — промышленных предприятий, выявляется необходимость ликвидации тех предприятий, которые не обеспечиваются сырьем из местных ресурсов и завозов, определяется возможность организации новых предприятий по обработке и переработке древесины.

Одновременно с этим определяются размещение новых лесопромышленных предприятий, их профиль и мощность.

Если в том или другом районе или вблизи него имеются крупные целлюлозно-бумажные предприятия или такого рода предприятия намечаются к строительству, то потребность этих предприятий в древесине учитывается на длительный срок их действия с установлением объема лесозаготовок для этих предприятий в данном и близлежащих районах.

С учетом имеющихся железных дорог и водных магистралей в стране и их пропускной способности намечаются грузопотоки древесины по всем транзитным магистралям.

После рассмотрения и утверждения результатов первой фазы работ разрабатывается собственно генеральная схема освоения лесов. В генеральной схеме лесоэксплуатационное районирование доводится до стадии выделения отдельных лесоэксплуатационных участков. Эти участки обычно выделяются по признаку тяготения к определенному виду лесовозного транспорта, и на базе их организуется отдельное лесозаготовительное предприятие.

Размещение, размер, сроки и очередность поступления лесоэксплуатационных участков в разработку и в связи с этим организация лесозаготовительных предприятий производится согласно утвержденному варианту освоения лесов.

В связи с тем, что леса конкретного района разбиваются на лесоэксплуатационные участки совершенно неравномерно, с включением лесов различного состава и различного транспортного тяготения, естественно, что и лесозаготовительные предприятия для освоения этих участков по своей производственной мощности и структуре будут различными.

Во второй фазе работ по составлению генеральной схемы уточняется и окончательно принимается показатель внутрирайонной потребности в древесине всех ведомств и отраслей народного хозяйства, уточняется и утверждается окончательный баланс производства и потребления древесины, устанавливается целевое назначение лесов различных лесоэксплуатационных участков в отношении лесоснабжения действующих предприятий в данном или в близлежащем районе, производится размещение новых лесопромышленных предприятий и

устанавливаются их мощности с учетом наличия лесов в данном районе и в соответствии с намеченным межрайонным грузопотоком древесины по отдельным путям транспорта.

В разработке генеральной схемы значительное место занимают расчеты необходимого оборудования, тягового и подвижного состава, объектов производственного и бытового строительства, потребности в рабочей силе и в необходимых капиталовложениях. Капиталовложения исчисляются по лесозаготовительному району на весь период освоения данного массива по пятилетиям и годам. Подсчет затрат ведется только на основные капитальные сооружения, разрешающие проблему освоения лесов и обеспечивающие дальнейшее развитие лесной промышленности (лесовозные дороги транзитного значения, крупные гидротехнические устройства на водных путях).

В заключительной части схемы производится анализ ожидаемой себестоимости и других экономических показателей для обоснования и принятия к строительству наиболее выгодных вариантов.

В связи с тем, что к настоящему времени все многолесные районы нашей страны охвачены такого рода экономическим изучением и расчетами и леса этих районов в основном пройдены лесозаготовкой и изучены, размещение лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий, а также предприятий, потребляющих древесину и продукты ее переработки в больших размерах, не представляет особенных затруднений.

На основе рекомендации генеральной схемы производится закрепление за ведущими лесозаготовительными ведомствами лесосырьевых баз, а проектные и строительные организации этих ведомств ведут проектирование и строительство лесозаготовительных предприятий.

Деревообрабатывающие и перерабатывающие древесину предприятия проектируются и строятся в зависимости от возможностей ежегодного получения сырья для их деятельности в данном или близлежащем районе.

В закрепленных за лесозаготовителями сырьевых базах лесозаготовки ведутся в соответствии с «Правилами рубок главного пользования в лесах СССР», разработанными и утвержденными органами лесного хозяйства. Эти правила в зависимости

от характера, возраста насаждений, условий произрастания и экономических условий в различных районах предусматривают сплошные рубки, постепенные рубки, группово-выборочные рубки, добровольно-выборочные рубки и т. д. Правилами рубок определяются также размер лесосек, порядок и срок их примыкания.

Лесозаготовительные предприятия и организации несут ответственность за охрану леса в закрепленных за ними лесосырьевых базах, за рациональную разделку древесины и очистку лесных площадей от захламленности. Лесохозяйственные же предприятия и организации ежегодно производят отвод лесосечного фонда лесозаготовителям в соответствии с ежегодными объемами производства и планом рубки, контролируют своевременность и правильность очистки лесосек и следят за рациональной разделкой древесины на сортименты.

После вырубki леса лесохозяйственные органы принимают меры к его возобновлению ценными для народного хозяйства древесными породами. Производится соответствующая подготовка почвы и ведется посев леса. В последнее время на значительных площадях вырубok применяется аэросев.

Лесозаготовительные предприятия и лесохозяйственные организации на местах принимают все меры к тому, чтобы всю древесину, получаемую на лесосеке, использовать наиболее полно в интересах народного хозяйства страны. С этой целью, наряду с лесозаготовками, организуются мелкие предприятия по изготовлению из древесины предметов широкого потребления, необходимых для колхозов и населения (тарные и обозные полуфабрикаты и изделия, изделия бытового обихода населения и т. п.). Все более широкое распространение получает химическая и энерго-химическая утилизация лесосечных отходов.

*Главное управление лесного хозяйства
и полезащитного лесоразведения
Министерства сельского хозяйства СССР
Москва*

PREPARATION OF FOREST EXPLOITATION IN DENSELY-FORESTED AREAS OF THE USSR

Silviculture and the forest industry in the USSR have made great strides in the course of the last three decades due to the constant and ever-growing demand of the national economy and the population for timber and due to the aim of exploiting to the full the water-protecting and shelter possibilities of forests. The Soviet government had inherited from pre-revolutionary Russia a comparatively backward forest economy with fairly exhausted forests in the central industrially-advanced districts and with an even more backward timber industry devoid of any kind of up-to-date timber-cutting machinery and permanent workers.

Under such conditions the task of satisfying the ever-growing demand of the national economy and the population for timber could not have been successfully accomplished without an entirely new basic approach to forestry, first of all to its exploitation.

In particular, it was necessary:

1. To transfer gradually but on a growing scale lumbering from the sparsely-forested areas of the south, west and central European parts of the USSR to the densely-forested areas of the northeast and, at the same time, vastly develop lumbering in the Asian part of the USSR;
2. To carry out wide mechanization of lumbering and first of all of laborious processes;
3. To assist lumbering agencies in acquiring trained workers, engineers and technicians.

Certainly such reorganization of forest exploitation could not have come about of itself. It needed intense efforts on the part of the government. It was necessary to establish in the densely-forested areas tens of hundreds of new well-equipped technical lumbering agencies; this, in turn, called for considerable economic investigations to reveal and evaluate the raw material bases for the newly-established enterprises as well as for planning new ones. The enormous work that had been accomplished during the last decade is vividly evidenced by the constant increase in the ratio of densely-forested areas in the general supply of timber throughout the country. Timber delivered by the timber-cutting agencies from the densely-forested areas comprised in 1953 69 per cent as against 25 per cent in 1932 and 16 per cent in 1913. The following data shows the percentage of mechanized work according to the Ministry of the Timber Industry of the USSR in 1953: felling — 80 per cent; hauling — 60 per cent; transporting — 73 per cent. Two decades ago these branches were entirely devoid of technical equipment.

To expand forest exploitation in the densely-forested areas of the USSR the level of mechanization of lumbering will be raised in the following proportions: felling — 100 per cent, hauling — 90 per cent, transporting — 90 per cent, and in secondary processes: cutting of branches — 80 per cent and loading — 90 per cent.

In order to accomplish this task industrial enterprises of the USSR will produce and deliver to ultra-rich forest areas thousands of powerful tractors, lorries, special cranes for loading, Diesel power stations and other equipment in addition to the available lumbering machines and implements.

To perfect the mechanization of labour processes at the lumbering camps, new technology in forest exploitation is applied to the transporting of unpruned trunks to the lower timber transit depots. All further handling and treatment of timber is made at the lower timber-transit depots by stationary machinery. This secures the utmost utilization of wood, raises the productivity of labour and, most important, makes possible the considerable improvement of the cultural and living conditions of the workers.

All these measures will ensure in the nearest future a considerable increase in the volume of lumbering in the densely-forested areas and a corresponding decrease in the sparsely-forested areas.

But the accomplishment of these tasks as well as the achievement of an increase of lumbering requires considerable preliminary work in the field of forest exploitation.

The method of industrial exploitation of forests in densely-forested areas practiced in the USSR makes it possible to speak of several phases or elements of planned and organized preparation for lumbering.

1. Inventory-making and forest management carried out by forestry agencies.

2. The drawing up of a general scheme of exploiting forests, on the basis of which plans are drawn up for lumbering and wood-working enterprises and, where necessary, raw material bases are assigned to lumbering agencies.

3. The drawing up of assignments in the field of organization of new lumbering enterprises or a separate enterprise including the drawing up of technical plans in complicated cases.

4. The making of blue-prints.

Perhaps the most novel and most original of all those elements is the drawing up of a general scheme of exploiting forests and we should therefore concentrate our attention on that.

The general schemes of industrial exploitation of forests represent technical and economic research and calculations for the rational allocation of lumbering in respect to space and time, and offer preliminary suggestions and calculations for developing and allocating wood-working enterprises in a given district.

The drawing up of general schemes consists of two parts or two phases of work.

1. General economic characteristics and evaluation of the exploitation area and its forest resources.

2. The working out of schemes of industrial exploitation of these resources.

The division into districts of forest exploitation stands out prominently in the first part of the scheme. The most important feature which is taken as the basis of forming forest exploitation districts is the territorial and cargo-traffic proximity of the

woodlands to a definite transit trunk-line or to a definite district or important locality of wood consumption. Practically forest exploitation districts represent a vast territory with sufficiently distinct economic and natural borders that is united by common transport trunk-lines, direction of the cargo-traffic and destination of the wood cargo.

A forest exploitation district as a large combination of several geographically adjacent woodlands cannot be entirely uniform. The integral parts, according to Soviet literature on lumbering, may:

- a) have close proximity to transit trunklines of various types (to the main waterway, to its tributary of first or second importance, to the railway);

- b) turn out to be an independent source of wood supply for the existing and for the newly-planned industrial enterprises;

- c) have diverse degrees of utilization of those forests.

Some forest exploitation districts may embrace a very large territory (for instance, the forest exploitation area of the North Dvina river basin with its tributaries), others may be situated in the basin of an insignificant river or in a separate part of a main trunkline.

During the first phase of working out the general scheme applicable to revealed forest exploitation areas the possible size and territorial allocation of lumbering are established. In establishing the volume of lumbering in a given district, an accepted order of utilizing forests in accordance with their relations to one or another group is taken into account. Territorial lumbering allocations are made, taking into account the necessity of utilizing first of all ripe and over-ripe forests and the possibility of shifting industrial enterprises nearer to the raw material sources. Industrial felling is planned primarily where there are sufficient stocks of wood and where there are possibilities for effective utilization or treatment of wood on the spot, or in those localities from which wood can easily be transported to other districts.

In allocating lumbering there should be no disproportion between available stocks, production and consumption of wood.

To find the right solution of the problem of defining the volume of lumbering in a given economic area, a preliminary balance

sheet of production and consumption of wood is drawn up within a district section.

The initial conditions for drawing up such a balance sheet for each district are the following: the volume of wood requirements, the general quantity and allocation of wood resources, the industrial capacity of enterprises of forest industry, the direction and capacity of transit lines for wood transportation, etc.

Ultra-rich forest areas should be regarded as a source of wood supply for sparsely-forested and non-forested districts within or outside of a given region (observing the rational direction and distance of cargo-traffic) as well as the localities for establishing new wood-manufacturing and wood-working enterprises.

After drawing up the balance sheet of production and wood consumption, each forest exploitation district acquires a certain significance, is assigned to a given locality or district of wood consumption and on this basis a plan of wood supply to industrial enterprises, the main consumer, is established. Then it is ascertained which enterprises not provided with raw materials from local or distant resources should be eliminated and the possibility of establishing new wood-manufacturing and wood-working enterprises is determined.

Simultaneously, the allocation of new timber industrial enterprises, their character and capacity are determined.

If a certain district has important cellulose-paper plants or plans to build them in future the requirements of these enterprises in wood are taken into account for the whole period of their operation, and the volume of felling for those enterprises in a given or nearby district must be fixed.

Taking into account the available railways and waterways in the USSR and their capacity, wood cargo-traffic is to be planned along all the transit trunklines.

After analysing and approving the results of the first phase of work the main "general scheme" of exploiting forests is worked out. In the general scheme the division of forest exploitation into districts provides separate forest exploitation plots. The plots are usually dependent on the principle of proximity to a

certain kind of loghauling transport on the basis of which every lumbering enterprise is set up.

Allocation, size, period and succession of the plot to be put into exploitation and the establishment of lumbering enterprises in this connection are carried out according to an adopted plan of forest exploitation.

Owing to the fact that the forest of a given district is unequally divided into different forest exploitation plots, including woods of various composites and transportation proximity, it is only natural that the lumbering enterprises for exploiting these plots should be different in respect of their producing capacity and structure.

During the second phase of drawing up the general scheme the index of inter-regional requirements in wood by all institutions and branches of the national economy is clearly defined and approved; the final balance sheet of production and wood consumption is clearly defined and adopted; the purposeful assignment of forests of different forest exploitation plots with regard to wood supplies for the operating enterprises in a given or neighbouring district is established, the allocations of new forest industrial enterprises are provided for and their capacity is determined, taking into account the available forests in a given district with a planned inter-regional wood cargo-traffic on every transportation line.

In drawing up the general scheme, considerable attention is devoted to the calculations of required equipment, traction and rolling stock, industrial and house building, the demand for man-power and necessary capital investments. Capital investments for the forest exploitation district are estimated for the whole period of operation in a given forest mass divided into five-year and one-year periods.

The calculation of expenditure accounts only for the main capital constructions which solve the problem of exploiting forests and ensure the further development of the timber industry (transit timber-hauling roads, large hydrotechnical structures on waterways).

In the concluding part of the scheme, analyses are made of the anticipated cost and other economic indices for basing and adopting the most effective construction plan.

Owing to the fact that at present all the densely-forested areas of the USSR are undergoing such economic investigations and calculations and taking into account that the woods of these areas are under regulation and have been studied in the main, the allocation of lumbering and wood-working enterprises as well as enterprises consuming wood and large quantities of its manufactured products does not raise any difficulty.

On the basis of recommendations of the general scheme, forest raw material bases are attached to the leading departments responsible for lumbering. Organizations responsible for planning and construction work plan and build lumbering enterprises.

Wood-working and wood-manufacturing enterprises are designed and built on the possibility of obtaining raw materials for their operation in a given or nearby district.

Lumbering in the raw material bases of the lumbering organizations is carried out in accordance with the "Rules of Industrial Felling in the Forests of the USSR" which have been worked out and adopted by forest economy organizations. Depending on the character, stand age, environmental and economic conditions these rules permit clearing, uniform felling, group-selection felling, voluntary-selection felling, etc. The Rules determine the size of the wood-felling areas, the manner and date of their joining each other.

Lumbering enterprises and agencies are responsible for forest-protection in the attached raw material bases, for the rational initial processing of wood and for the removal of rubbish from the felling areas. Every year forest economy enterprises and agencies allot felling areas to the lumbering organizations in conformity with the annual volume of production and with the felling plan. They control the time and regularity of clearing the lumbering areas and supervise the rational processing of wood according to standard assortments.

After exploiting the felling area, local administrative bodies take measures to regenerate them with tree species according to economic requirements. Expedient preparations of the soil are made and sowing is carried out. Lately, sowing from an aeroplane has been used over large areas of the deforested plots.

Local lumbering enterprises and agencies take measures to utilize to the utmost capacity wood brought in from the felling areas in the interests of the national economy of the USSR. For this purpose, alongside with lumbering, small enterprises are established for the manufacture of wood-wares for kolkhozes and for the population (finished and unfinished containers and transport products, household wares, etc.) Chemical and energo-chemical utilization of wood waste is ever widely applied.

*The Chief Department of Forestry
and Field-Shelter Afforestation
of the Ministry of Agriculture
of the USSR
Moscow*

Ю. М. ИВАНОВ

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ
ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ
ДРЕВЕСИНЫ

— — —

Yu. M. IVANOV

SOME RESULTS OF RESEARCH
WORK ON PHYSICAL AND MECHANICAL
PROPERTIES OF WOOD

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДРЕВЕСИНЫ

Неуклонное расширение областей применения древесины в народном хозяйстве, выпуск новых видов продукции и материалов на основе древесины и связанное с этим быстрое развитие лесной промышленности в СССР вызвали необходимость широкой научной разработки проблем, которые связаны с выяснением ряда физических явлений в древесине и могут быть объединены общим понятием физики {древесины. К этой отрасли общего древесноведения мы относим, может быть и несколько условно, изучение процессов, происходящих в древесине без разложения или изменения основного образующего ее комплекса высокомолекулярных соединений.

Разработка указанных проблем базировалась на обширных материалах по изучению строения и свойств древесины отечественных древесных пород, проводившемуся с учетом типов леса.

Подведению итогов и обсуждению результатов этого изучения было посвящено специальное совещание, созданное Институтом леса Академии Наук СССР в 1948 г. При изучении древесины пород, произрастающих в Советском Союзе, обращается большое внимание на исследование анатомического строения с дифференциацией диагностических признаков, определением объема различных тканей и размеров анатомических элементов. Комплексное исследование вопросов физики древесины, с углублением представлений о деталях ее строения и их роли в возникновении и развитии изучаемых явлений,

представляется нам одним из наиболее перспективных направлений в рассматриваемой области древесиноведения.

Исследовательская работа по данным проблемам в СССР ведется в основном во многих отраслевых институтах и высших учебных заведениях, а также в Институте леса Академии Наук СССР (Лаборатория древесиноведения). В отраслевых институтах указанные проблемы разрабатываются с большим приближением к запросам промышленного использования и технологии древесины, а именно: быстрого резания, лесопиления, механической обработки, отделки, конвективной и высокочастотной сушки, высокотемпературной сушки с применением жидких теплоносителей, прессования, гнутья, консервирования, стабилизации, склейки, производства различных древесных материалов, использования отходов и т. д.

Сейчас наша цель заключается в том, чтобы дать краткое описание полученных за последнее время результатов изучения некоторых свойств древесины. В основном мы будем касаться данных эксперимента как единственной основы дальнейших теоретических построений. Из обширного круга вопросов будут освещены только некоторые результаты, касающиеся взаимодействия древесины с жидкостями, прочности и деформаций древесины и явления пьезоэлектричества. Конечно, и по указанным отдельным вопросам неизбежна некоторая фрагментарность изложения.

1. Разработка разнообразных методов пропитки, сообщающей древесине те или иные полезные качества, и интересы развития промышленного применения технологии этого вида обработки древесины способствовали привлечению внимания в последнее время к вопросам проницаемости древесины жидкостями. Наиболее плодотворной оказалась методика изучения проницаемости, основанная на рассмотрении исследуемого образца как перегородки, отделяющей жидкую среду от воздушной. Эта методика наиболее отчетливо выявила необходимость разделения проницаемости древесины на капиллярную и диффузную и выделения в образце, соответственно, капиллярной и диффузной зон.

Несмотря на то, что необходимость разделения проницаемости на две формы выявилась в результате проведенных иссле-

дований, имевших сравнительно узкую направленность, эти представления нашли успешное приложение в теоретических вопросах сушки и пропитки древесины. В связи с этим заслуживает внимания новый метод определения водопроницаемости древесины, принятый теперь в качестве стандартного.

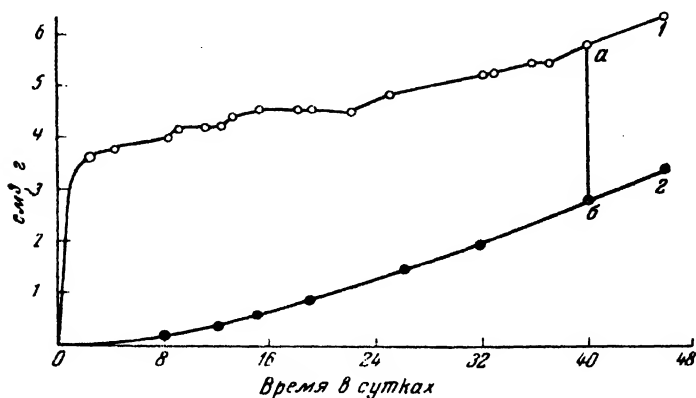


Рис. 1. Кривая водопоглощения и водопроницаемости (1) и кривая испарения влаги (2) для образца древесины бука толщиной в тангенциальном направлении 23,4 мм.

За основные показатели проницаемости принимается количество воды, проходящей через образец в сутки при установившемся процессе (рис. 1), и конечная средняя влажность древесины (выражается отрезком ab на рис. 1). Дополнительными характеристиками при этом могут служить кривая изменения поглощения во времени (рис. 1) и кривая распределения воды по толщине образца. Последняя кривая характеризует соотношение между количеством свободной и связанной воды.

На основе этого метода были также исследованы разные породы древесины на проницаемость другими жидкостями: маслами, дегтем, водными смесями спиртов, насыщенным раствором хлористого натрия и т. д.

Результаты исследований древесины разных пород на проницаемость представляют интерес при решении возникающих на практике вопросов пропитки древесины теми или иными способами, сушки древесины в жидких теплоносителях, при-

годности древесины для изготовления тары, обеспечения стойкости ее против загнивания в различных условиях и т. п., а также для расчетов толщины стенок емкостей.

Представляет интерес выяснение причины различия в проницаемости ядровой и заболонной древесины хвойных пород. Распространенное мнение о том, что это различие является следствием смещенного положения торуса окаймленных пор в трахеидах, основано на исследованиях анатомического строения древесины живого дерева. Однако в сухой древесине заболони и ядра анатомические различия в положении торуса не устанавливаются. При изучении этого вопроса было обращено внимание на содержание в древесине смолистых веществ. Образцы древесины сосны были подвергнуты обработке различными растворителями и микроскопическому анализу с применением окраски. Полученные результаты позволили заключить, что причиной различия проницаемости ядра и заболони следует считать ряд факторов, в том числе присутствие в трахеидах ядра смолистых и некоторых других веществ, отсутствующих, повидимому, в заболони. На этом основании мог быть поставлен вопрос о регулировании проницаемости древесины ядра хвойных пород.

При изучении продвижения воды поперек волокон обращается внимание на роль сердцевинных лучей ранней и поздней древесины. Исследование водопроницаемости ранней и поздней древесины сосны в присутствии красителей дало основание предположить, что размеры капиллярной системы в стенках клеток, возможно, связаны с плотностью упаковки пучков фибрилл, наблюдаемых в микроскоп в виде птриховки. Последняя различается в поздних трахеидах лучше, чем в ранних, где она почти незаметна даже при сильном разбухании. Отсюда можно предположить, что капиллярная система в стенках поздних трахид, повидимому, крупнее и этим, может быть, объясняется более легкое проникание в них красителей.

Продвижение воды поперек волокон в древесине с влажностью выше точки насыщения волокон представляет интерес не только с технической точки зрения, но и в связи с установлением весьма высокой влажности ядра в стволе растущих деревьев дуба, вяза, тополя и других лиственных пород и пред-

положением о возможности участия воды ядра в водообмене живого дерева.

Подобные исследования комплексного характера, когда изучение определенных свойств древесины проводится в связи с выяснением ее структурных особенностей, имеют существенное значение и в других случаях и вообще характерны для развития древесиноведения. К этому циклу работ надо также отнести микроскопические исследования строения древесины при деформациях разбухания и усушки, строения прессованной древесины и т. д.

Решение в промышленности задач по уменьшению влагопоглощения древесины, по гидрофобированию, стабилизации размеров древесины и т. п. потребовало более точного измерения показателей набухания древесины. Был поставлен также вопрос об определении мало изученного давления набухания древесины и его кинетики. В последнем случае выяснилась нежелательность использования применяемой иногда рычажной системы, так как возбуждение усилий, требуемых для приведения ее в движение, могло повлиять на поведение образца и исказить исследуемый процесс набухания и его показатели. Разработанная методика позволяет проводить наблюдения в течение всего опыта, начиная с момента соприкосновения образца древесины с исследуемой жидкостью. Была исследована и кинетика водопоглощения путем взвешивания образца древесины в воде. Сопоставление полученных кривых водопоглощения, деформаций разбухания и давления набухания (в тангенциальном направлении) древесины заболони сосны (рис. 2) показало, что в течение первых шести секунд, когда средняя влажность древесины (при размерах образца вдоль волокон 8 мм, поперек — 10×10 мм) превышает 30%, деформации разбухания успевают развиться лишь на 10—12%, а давление набухания — на 5—6% от их полной величины. Это значит, что процесс водопоглощения происходит сначала за счет продвижения воды во всей капиллярной системе древесины, значительно обгоняющего набухание. Последнее завершается к концу первой минуты, и тогда средняя влажность древесины достигает почти 100%. В древесине ядра все эти явления происходят значительно медленнее, причем набухание

сильно задерживается диффузным продвижением воды в древесине, не заканчивающимся в данных образцах через 130 минут.

При определении величины давления набухания выяснялась и величина предела пластического течения $\sigma_{пт}$, о которой мы еще скажем. Послед-

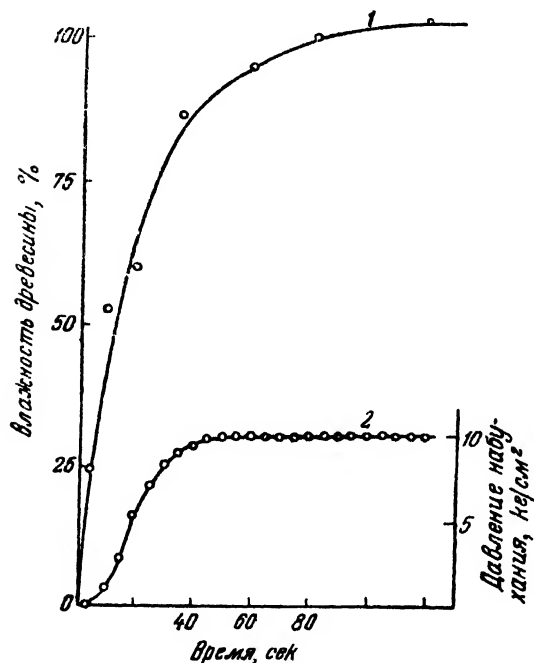


Рис. 2. Кривые изменения во времени водопоглощения (1) и давления набухания (2) для образца заболони сосны.

няя для разных пород древесины была всегда выше величины давления набухания. Следует также упомянуть о явлении, названном «расшатыванием» древесины и заключающемся в снижении модуля упругости при сжатии поперек волокон после предварительного обжатия древесины в сухом состоянии (с превышением $\sigma_{пт}$) и последующего набухания и высушивания. Решающее значение явления набухания свидетельствует здесь о

глубоких структурных изменениях, происходящих в древесине в процессе ее «расшатывания».

2. Широкое применение древесины в качестве конструктивного материала различными отраслями промышленности и строительства в СССР основывается на результатах подробных исследований прочности и деформаций древесины разных пород при различных видах механических воздействий.

Значительное внимание было уделено изучению упругих свойств древесины, на основе которого рассмотрены вопросы

упругой анизотропии древесины и применения ее к расчетным задачам при различных абсолютных размерах конструктивных элементов. Разработана стандартная методика определения модулей упругости и коэффициентов Пуассона для древесины.

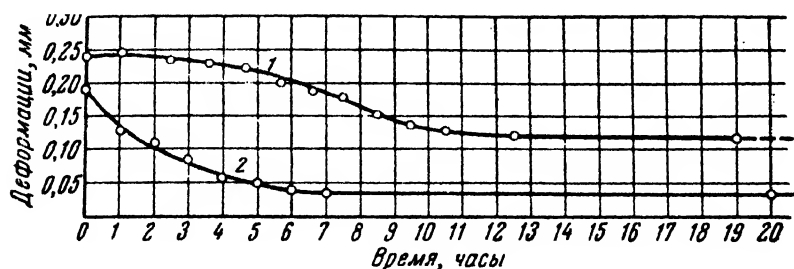


Рис. 3. Кривые изменения во времени деформаций упругого последствия древесины сосны при сжатии вдоль волокон после снятия пульсирующей нагрузки (1) и статической нагрузки (2).

Исследованы упругое последствие, релаксация внутренних напряжений и деформации ползучести древесины и поставлен вопрос об учете изменения деформаций древесины во времени в расчетах конструкций. Обнаружен особый характер деформаций упругого последствия древесины, наблюдаемого после снятия пульсирующей нагрузки при сжатии вдоль волокон: скорость деформации сначала равна нулю и лишь через некоторое время достигает максимума, а затем уменьшается до нуля (рис. 3, 1), вместо обычного изменения скорости деформаций после удаления статической нагрузки — от максимума вначале до нуля (рис. 3, 2). Исследован динамический модуль упругости древесины путем осциллографического измерения частот колебаний при изгибе.

Проведены обширные исследования по вопросам деревянных конструкций, а именно: прочности конструктивных элементов хвойных и лиственных пород на образцах в натуральную величину, в частности с учетом влияния пороков; несущей способности составных стержней; различных видов соединений (в том числе на клею) и т. д.

Для краткого описания результатов этих исследований потребовалась бы особая статья.

За последнее время значительное внимание уделяется изучению влияния элементов строения древесины на сопротивление ее механическим воздействиям и при разрушении. Изучались механические свойства отдельных частей годичного слоя и анатомических элементов древесины. Выяснено, что для хвойных пород показатели прочности и модуль упругости поздней зоны годичного слоя в 2,5—3 раза превышают показатели ранней. По данным микрофотографических измерений, определены показатели механических свойств оболочек трахеид сосны при сжатии в радиальном направлении, причем оказалось, что прочность и модуль упругости у оболочек поздних трахеид примерно в 1,8 раза выше, чем у ранних, а соотношение показателей прочности и упругости по сравнению с показателями данной зоны годичного слоя для ранних трахеид около 2,5, а для поздних — 1,5. Изучались микроскопические изменения строения при разрушении древесины. Кроме того, с целью выяснения начальных стадий изменений исследовалось строение древесины, подвергнутой действию различной величины напряжений.

В развитие исследований, проводившихся на топках срезах, была разработана методика микроскопической съемки строения древесины непосредственно в процессе действия усилий на образец. Методика заключается в особой окраске и освещении исследуемой поверхности образца древесины, заложенного в специальный прибор и находящегося под действием нагрузки.

Для иллюстрации некоторые из полученных микрофотографий представлены на рис. 4. Съемка производилась, по мере приложения к образцу усилий, так, что каждая микрофотография соответствовала определенной величине действующих напряжений. Одновременно производилось измерение деформаций образца. Эти исследования позволили выяснить, при какой величине напряжений появляются микроскопические изменения строения древесины для разных видов напряженного состояния. Был выяснен местный характер разрушения древесины при сжатии вдоль волокон, так как вне складки сжатия сохраняется не только первоначальная форма волокон, но и упругие свойства древесины.

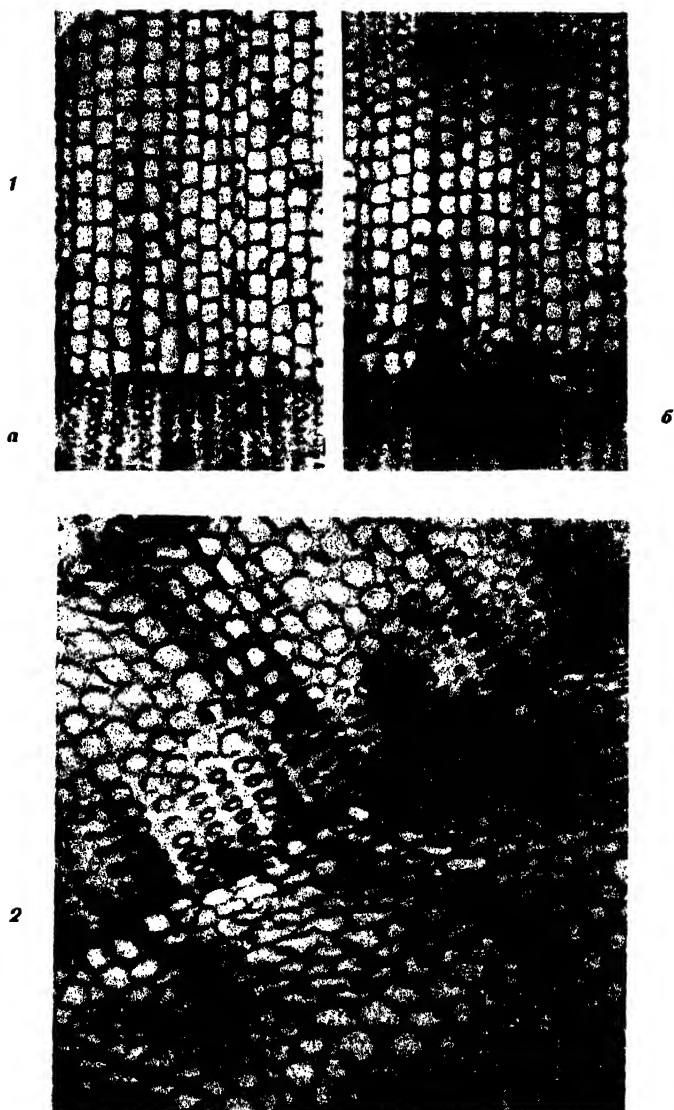


Рис. 4. Микрофотографии древесины сосны, снятые в процессе приложения механических усилий к образцу:

- 1** — сжатие в радиальном направлении: **а** — первоначальное строение древесины,
б — видно сплющивание ранних трахенд у начала годичного слоя;
3 — сжатие поперек волокон под углом 45° к годичным слоям; видно перенашивание ранних трахенд

Исследования хрупкого разрушения древесины с применением теории упругости анизотропного тела показали, что решающее значение здесь имеет сложное сопротивление при наличии концентрации напряжений. Например, скалывание всегда сопровождается отрывом в поперечном направлении.

При пластическом виде разрушения процесс деформирования древесины, в зависимости от величины напряжения, делится, как показывают исследования, на две характерные области — область упругого последействия и область интенсивного развития в основном необратимых деформаций, заканчивающегося разрушением. Граница двух областей деформирования, выраженная в напряжениях, названа пределом пластического течения $\sigma_{пл}$. Величина $\sigma_{пл}$ снижается с увеличением продолжительности действия нагрузки. В первой области деформирования модуль упругих деформаций древесины при сжатии вдоль волокон под повторной статической нагрузкой сохраняет постоянное значение при числе циклов нагрузки до 30 000.

Среди многих вопросов, связанных с более подробным изучением деформаций древесины, мы затронем только вопрос о природе пластического течения, имеющий принципиальное и практическое значение. Микромеханическими исследованиями, о которых шла речь раньше, было установлено, что во второй области деформирования при сжатии вдоль волокон никаких микроскопических изменений строения древесины не обнаруживается. Малейшее отклонение от первоначальной формы волокон вследствие их деформации влечет за собой разрушение образца с образованием складки сжатия. Отсюда следовало предположить, что деформации пластического течения, которые происходят во второй области деформирования, должны развиваться исключительно за счет субмикроскопических изменений тонкого строения древесины. Таким образом возник вопрос о природе этого вида деформаций древесины. Чтобы характеризовать относительную величину последних, укажем, что для случая сжатия вдоль волокон образца воздушно-сухой древесины бука деформация пластического течения под неизменным напряжением 417 кг/см^2 достигала в течение

примерно двух часов (до перехода от постоянной скорости к ускоренному деформированию) 350—450% начальной деформации при быстром приложении нагрузки, или 1,35—1,45% первоначальной длины базы измерения деформаций.

Пластическое течение происходит с постоянной скоростью, т. е. без упрочнения, и этим существенно отличается от истинного течения высокополимеров, развивающегося с возрастающей вязкостью. Относительная величина деформаций пластического течения (до 1,5% первоначальной длины), а также отсутствие, как показали наши предварительные опыты, возвращения этих деформаций при последующем прогреве указывают на то, что деформация пластического течения не является также и высокоэластической деформацией, свойственной высокополимерам в определенном температурном интервале. Поэтому можно высказать гипотезу, что в высокоориентированном веществе вторичных клеточных оболочек древесины, преимущественно в целлюлозе, жесткость молекулярных цепей такова, что при появлении рассматриваемых деформаций должен вступать в действие особый механизм необратимого течения, связанный с процессами скольжения. Это скольжение, повидимому, должно развиваться по природным структурным направлениям вторичных клеточных оболочек древесины, которые можно обнаружить и в неспытанной древесине по их оптической неоднородности в поляризованном свете. Они иногда называются линиями скольжения. На этот сложный и пока еще недостаточно изученный вопрос, касающийся физико-химической природы клеточных оболочек древесины, должны пролить свет дальнейшие исследования строения древесины и составляющих ее высокомолекулярных веществ при помощи электрономикроскопических, рентгено- и электронографических, ультразвуковых и других экспериментальных методов современной физики и химии.

3. Наше краткое описание некоторых исследований в области физики древесины было бы неполным, если бы мы не упомянули об изучении нового явления, открытого в древесине академиком А. В. Шубниковым, — пьезоэлектричества. Были проведены всесторонние исследования этого интереснейшего явления и выяснены основные его количественные характери-

стики. Максимум пьезоэлектрического заряда соответствует механическому напряжению сжатия (растяжения), приложенному под углом 45° к направлению волокон (рис. 5). Носителем пьезоэлектричества в древесине служит целлюлоза

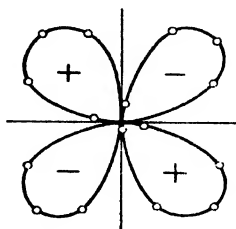


Рис. 5. Диаграмма изменения величины и знака пьезоэлектрического заряда в зависимости от положения изгибаемого образца древесины на опорах (направление волокон совпадает с осью ординат)

вторичных клеточных оболочек, являющаяся пьезоэлектрической текстурой с симметрией $\infty : 2$. Исследования показали, что пьезоэлектрический эффект в древесине вызван только упругими деформациями. Этим объясняется тот факт, что уравнениями общей теории пьезоэлектричества можно пользоваться, например, при сжатии только в первой области деформирования древесины. Все эти чрезвычайно интересные особенности пьезоэлектрического эффекта, несомненно, таят в себе значительные возможности для дальнейшего изучения древесины.

*Институт леса
Академии Наук СССР
Москва*

SOME RESULTS OF RESEARCH WORK ON PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD

The steadily growing application of wood in the national economy of the USSR, the manufacture of new products and materials based on wood, and the rapid development of the timber industry, resulting from this, gave rise to an extensive study of the scientific problems connected with an investigation of the physical phenomena of wood which may be combined under the general conception of wood physics. By this branch of general wood research we mean, perhaps somewhat arbitrarily, the study of processes in wood unaccompanied by decomposition or alteration of the main complex of high-molecular compounds forming the wood.

Investigation on the problems mentioned above was based on extensive data collected during the study of the structure and properties of wood of native tree species which took into account forest types. A special conference convoked by the Institute of Forests of the Academy of Sciences of the USSR in 1948 was devoted to summarizing and discussing the results of this research. In studying woody species growing in the Soviet Union much attention is paid to investigation of the anatomic structure of wood with differentiation of diagnostic features determining the volume of different tissues and the dimensions of the anatomic elements. A thorough study of wood physics in order to get a deeper understanding of the details of wood structure and their part in the origin and development of the phenomena seems to us to be one of the most promising orientations for the subject under consideration.

In the USSR research on these problems is conducted mainly at many industrial research institutes and at universities, as well as at the Institute of Forests of the Academy of Sciences of the USSR (Wood Research Laboratory). At the former the problems are investigated with a closer approach to the questions of industrial use of wood technology, namely, to rapid cutting, sawing, mechanical processing, finishing, convexing and high frequency field and high temperature drying by fluid heat-bearers, pressing, bending, preservation, stabilization, glueing, production of different wood materials, waste utilization, etc.

Our aim here is to give a brief description of results of recent investigations concerning some properties of wood. We shall discuss mainly experimental data as these are the only basis for further theoretical work. Of the large number of questions here we shall dwell only on some results relating to interaction between wood and liquids, wood strength and wood deformations, and the piezo-electrical phenomenon. Naturally, the treatment even of the questions mentioned will inevitably be somewhat fragmentary.

1. Development of various methods of impregnation which imparts some useful qualities to wood, and the interests of a wider application of wood processing of this kind contributed to greater attention paid recently to the questions of wood permeability. The most productive was the method of studying permeability of a specimen representing a partition separating liquid and air media. This most clearly demonstrated the necessity of subdividing permeability into a capillary one and a diffusive one, and setting apart in the specimen the capillary and diffusive sections respectively.

It spite of the fact that the necessity of subdividing permeability into two forms manifested itself as a result of research in a comparatively limited field, these conceptions found successful application in various theoretical aspects of drying and impregnation.

In this connection a newly-developed method which is now accepted as a standard one and provides for the determination of wood permeability to water deserves attention.

The quantity of water passing through a specimen in 24 hours for a steadily balanced process (Fig. 1) is assumed to be

the basic permeability index as well as the final average moisture content of the wood (line segment "ab" in Fig. 1). The curve of absorption as a function of time (Fig. 1) and the curve showing the moisture distribution through the thickness of the specimen may serve as additional characteristics. The latter curve

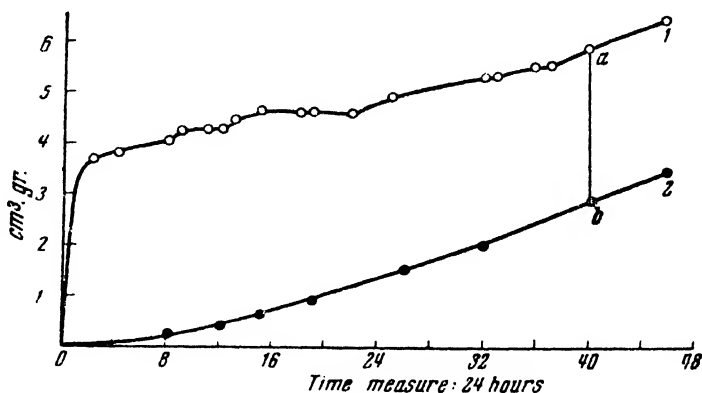


Fig. 1. The curve of water absorption and water permeability (1) and the curve of moisture evaporation (2) for a specimen of beechwood 23.1 mm. thick in the tangential direction.

characterizes the correlation between the quantities of free and associated moisture.

On the basis of this method a number of species have also been investigated for permeability of wood to other liquids: oils, wood-tar, water-alcohol mixtures, saturated solution of sodium chloride, etc. The results of investigation of different species for permeability are of interest in connection with the problems arising in practice, namely, impregnation of wood, high-temperature wood drying, fitness of wood as a material for containers, making them decay-proof under various conditions, etc., as well as calculation of wall thickness of liquid containers.

The elucidation of the difference between the permeability of heartwood and that of sapwood is of interest. The widespread opinion that the difference in the permeability of heartwood and sapwood of conifers is a consequence of the shifted position of the torus of bordered pits in tracheids is based on investigations of the anatomic structure of the wood of a living tree. In dry

sapwood and heartwood, however, anatomic differences in the position of the torus cannot be established. When studying this question, attention was paid to the resinous content of wood. Specimens of pinewood were processed with different solvents and were subjected to microscopic analysis, using different dyestuffs. The results obtained led to the conclusion that the difference in the permeability of heartwood and sapwood should be attributed to a number of factors, including the presence in heartwood tracheids of resinous and some other substances, which seem to be absent in sapwood. On this basis the question of permeability control of the heartwood of conifer could be raised.

In studying the movement of water across the grain, attention is paid to the part played by rays of early and late wood. The investigation of water permeability of early and late pinewood in the presence of dyes provided a basis for the assumption that the dimensions of the capillary system in the cell walls may be connected with the packing density of fibrils observed through a microscope in the form of shading. The latter is better distinguished in late tracheids than in early ones where it is nearly invisible even in cases of intense swelling. This allows one to suppose that the capillary system in the cell walls of later tracheids is evidently larger, which perhaps explains the easier penetration of dyestuffs into the tracheids.

The movement of water across the grain in wood above the fiber saturation point is of interest not only from the technical point of view, but also in connection with the very high moisture content found in the heartwood of oak, elm, poplar and other hardwoods, and the possibility of water exchange between the sapwood and heartwood in a living tree.

Such complex investigations in which the study of definite wood properties is carried out while at the same time taking into account the structural peculiarities of wood are of considerable importance in other cases as well, and contribute to the progress of wood research. This series of studies also includes microscopic investigations of the structure of wood subjected to swelling or shrinking deformations, the structure of pressed wood, etc.

The industrial solution of the problems of decreasing absorption of moisture by wood, making it water-repelling, stabiliz-

ing the dimensions of wood, etc., required more precise determination of the indices of wood swelling. The question was also raised of investigating the pressure of wood swelling and its kinetics. In the latter case the lever system, which is used occasionally,

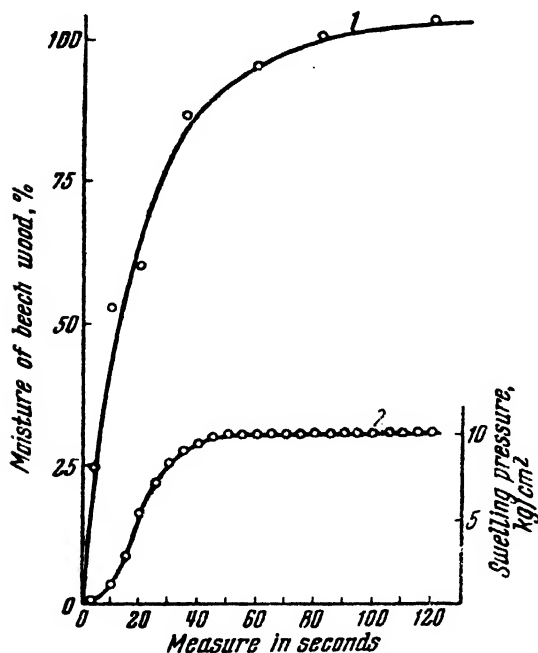


Fig. 2. The curve of changes as a function of time of: (1) water absorption and (2) swelling pressure — for a specimen of pine sapwood

proved to be undesirable, as the force necessary to set it into motion might affect the specimen behaviour and distort the swelling process under investigation. The procedure worked out permits conducting observations during the whole course of the experiment, beginning from the moment the specimen comes in contact with the liquid investigated. By means of weighing the wood specimen in water the kinetics of water absorption was also studied. Comparison of the curves obtained for water absorption,

swelling deformations and swelling pressure (in the tangential direction) of pine sapwood (Fig. 2) showed that during the first six seconds, when the average moisture content (the specimen of 8 mm along the grain and 10×10 across it) exceeded 30 per cent, the swelling deformations managed to develop only to 10-12 per cent and the swelling pressure to 5-6 per cent of their full value. This means that the water absorption process takes place at first by the movement of water throughout the entire capillary system of the wood, this process greatly outstripping swelling. The latter is completed towards the end of the first

minute, when average moisture content of the wood becomes nearly 100 per cent. In heartwood all these phenomena take place much slower, swelling being greatly delayed by the diffusive movement of water into the wood and is still not completed after 130 minutes for the specimens tested.

In the course of measuring swelling pressure, the value of the plastic flow limit σ_{plf} we shall deal with was also determined. Its value for different species was always higher than the swelling pressure value. Mention should also be made of the phenomenon called "loosening" of wood and consisting in a reduction of elasticity modules on pressing wood across the grain after first compressing it in a dry state (exceeding σ_{pf}) and subsequent swelling and drying. The decisive importance of swelling in the phenomenon mentioned here testifies to the profound structural changes that take place in wood during the process of its "loosening".

2. The extensive use of wood as a building material in different branches of industry and construction in the USSR is based on the results of detailed investigations of the strength and deformations of wood under different loading.

Considerable attention has been paid to investigations of elastic properties of wood to provide a basis for analysis of elastic anisotropy of wood and its application to computation problems for various absolute dimensions of structural members.

A standard procedure has been worked out for determining the elasticity modules and Poisson's ratios for wood. Elastic after-effect, relaxation of internal stresses and creep deformations of wood have been investigated, and the question of taking into account alterations in deformations of wood as a function of time in structural calculations has been posed. The special character of elastic after-effect which can be observed after removal of pulsation load on compressing along the grain has been found out; deformation rate in this case is at first equal to zero and reaches the maximum in some period of time, then decreases to zero again (Fig. 3, 1) contrary to the usual change of it (from maximum to zero — Fig. 3, 2) after removal of static load. The dynamic module of elasticity of wood has been investigated with the help of oscillographic measurements of vibration frequencies on bending.

Extensive investigations have been carried out on problems of wood structures: the strength of soft and hard wood structural members has been studied by testing the life-size specimens possessing natural wood defects, the critical buckling loads of the struts with a composite section, the ultimate loads of the different kinds of joints (including glued ones), etc. A brief description of the results would require a separate paper dealing with wood structures.

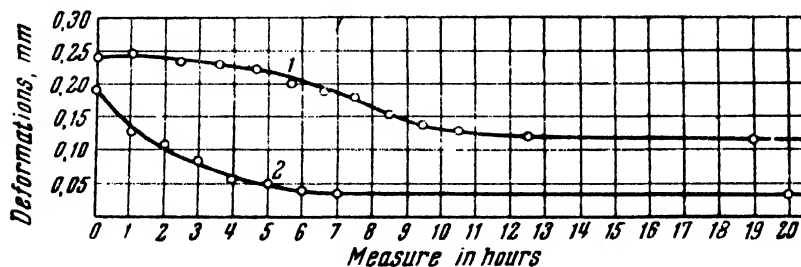


Fig. 3. The curves of elastic after-effect deformations in pinewood on compressing along the grain (1) after removal of pulsating load and (2) after removal of static load — as a function of time

Considerable attention has recently been paid to investigation of the influence of microscopic structural elements on the resistance and failure of wood. In this respect there have been studied the mechanical properties of individual parts of the annual ring and of the anatomic elements of wood. It has been found out that for softwood strength indices and elasticity modules of the late zone of the annual ring are 2.5-3 times as large as those for the early ones. On the basis of photomicrographic measurements the indices of mechanical properties of the tracheid cell walls of pinewood have been determined for radial compression and it has been found that the strength and module elasticity of the cell walls of late tracheids is about 1.8 times as large as those of the early ones, and the ratios of the indices of strength and elasticity as compared with those of the same zone of the annual ring are for the early tracheids approximately 2.5 and for the late ones, about 1.5. Investigation has been made of microscopic structural changes caused in wood by failure. Besides that, the struc-

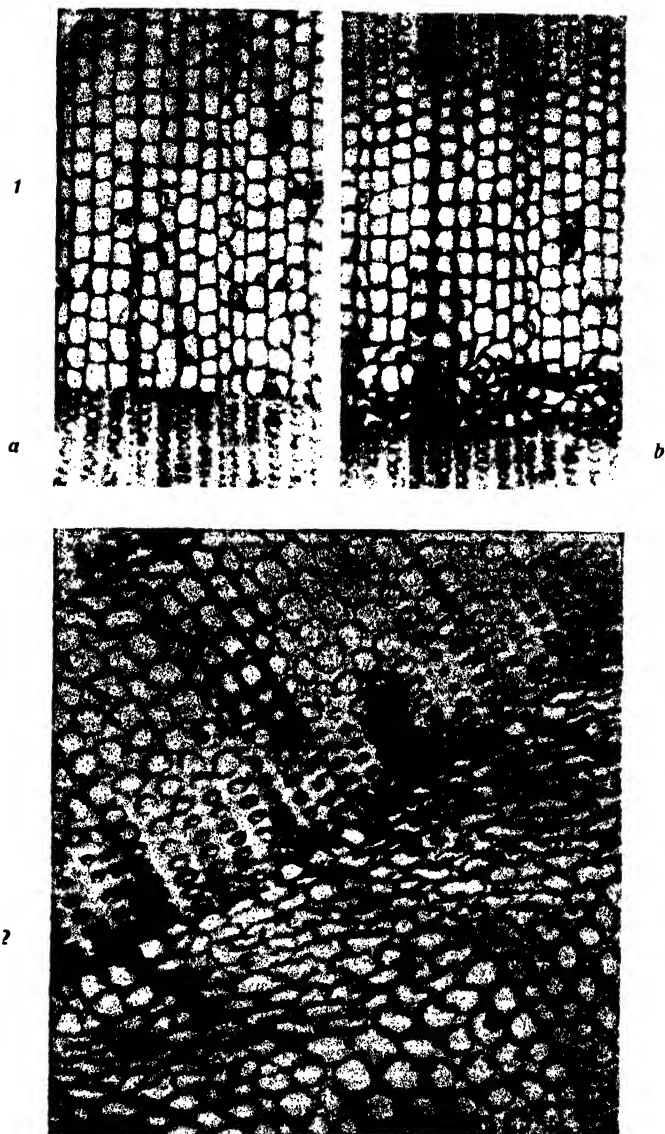


Fig. 4. Photomicrographs of pinewood taken during application of mechanical stresses to the specimen:

- 1 — radial compression: a — initial structure of the wood, b — flattening of early tracheids at the beginning of the annual ring is visible;**
2 — compression across the grain at 45° to the annual rings; the distortion of the early tracheids is visible

ture of the wood subjected to stresses of different values, has been studied with the aim to clear up the initial stages of the changes taking place in it.

To further the investigations of thin microscopic sections a procedure of direct wood structure photomicrographing has been worked out, the specimen being under action of the stresses applied. The procedure consists in a special method of dyeing and illuminating the surface of the specimen placed in a special apparatus and subjected to load. To illustrate this method, some of the photomicrographs obtained are shown in Fig.4. The photographing was carried out in the process of applying stress to the specimen so that each micrograph corresponded to a definite stress value. At the same time measurements of the specimen deformations were carried out. These investigations made it possible to determine the stress values under which microscopic changes in the wood structure occur. It has been found out that disintegration of the wood compressed along its grain bears a local character because outside the compression wrinkle not only the initial fiber form remains, but the elastic properties of wood as well.

Investigations of brittle failure of wood in the light of the theory of elasticity of anisotropic body have shown that decisive importance belongs here to complex resistance, stress concentration being present. For instance, shearing is always attended by transverse tearing. The investigations show that in case of plastic type failure of the wood deformation process is divided, depending on the value of the stress into two characteristic regions: the region of elastic after-effect, and that of intense development, in the main, of irreversible deformations resulting in failure. The boundary between the two deformation regions is called, when expressed in stresses, a limit of plastic flow σ_{pf} . As the duration of load increases, the value σ_{pf} decreases. In the first deformation region the module of elastic deformation of wood compressed along the grain remains for repeated statistical load a constant value when the number of load cycles is up to 30,000.

Among many questions connected with a more detailed investigation of wood deformation, we shall touch only on the question of the nature of plastic flow because this question is of theoretical and practical significance. By means of micromechan-

ical investigations mentioned above it has been established that no microscopic structural changes take place in the wood compressed along the grain in the second deformation region. The slightest change in the initial form of the fibers, due to their deformation, brings about the failure of the specimen with formation of a compression wrinkle. Hence, one would suppose that the deformation of the plastic flow taking place in the second deformation region should develop exclusively due to submicroscopic changes in the fine structure of wood. Thus, the question arose of the nature of this type of wood deformation. In order to characterize the relative value of the latter we shall note that in case of a specimen of air-dry beechwood compressed along the grain deformation of plastic flow under a constant stress 417 kg/cm^2 reached within about two hours (before the constant rate became an increased one) 350-450 per cent to the initial deformation under instantaneous application of load, or 1.35-1.45 per cent to the initial length of the gauge basis.

Plastic flow takes place at a constant rate, i. e., without self-strengthening, and this makes it substantially different from the true flow of high-polymers accompanied by an increase in viscosity. Small relative value of plastic flow deformations (up to 1.5 per cent to the initial length), and the absence, as our preliminary experiments have shown, of recovery of these deformations after successive heating, indicate that plastic flow deformations cannot be considered high-elastic ones peculiar to high-polymers within a definite temperature interval. Therefore it is possible to advance the hypothesis that in the highly oriented matter of the secondary cell walls of wood, chiefly in cellulose, the rigidity of molecular chains is such that when the deformations under consideration spring up, a special mechanism of irreversible flow connected with sliding processes should come into operation. This sliding should develop very likely in the secondary cell walls of wood in the natural structural directions which can be seen in untested wood, too, in polarized light due to their optical heterogeneity. They are sometimes called slip lines. This complicated and as yet insufficiently investigated question of the physical-chemical nature of cell walls of wood should be elucidated by further investigations of the structure of wood and of the compo-

nents of its high-molecular substances with the help of electron-microscopic, roentgenographic, electronographic, supersonic and other experimental methods of modern physics and chemistry.

3. Our brief description of some investigations in the field of wood physics would not be complete if we did not mention the new phenomenon—piezo-electricity—discovered in wood by Academician A. V. Shubnikov. This very interesting phenomenon has been thoroughly studied and its principal quantitative characteristics have been established. The maximum of the

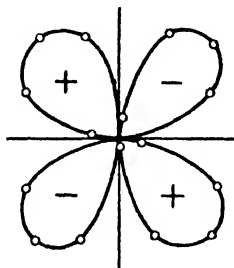


Fig. 5. The diagram of variation of the value and the sign of piezo-electric charge, depending on the position of the wood specimen bent on the supports (the grain direction coincides with that of the ordinate)

piezo-electric charge corresponds to the mechanical stress of compression or tension applied at 45° to the grain (Fig. 5). The cellulose of the secondary cell walls is responsible for piezo-electricity in wood; it presents piezo-electrical texture with the symmetry $\infty:2$. Investigations showed that the piezo-electrical effect is caused only by elastic deformations. That is why in case of compression the equations of the general theory of piezo-electricity can be used only in the first deformation region. All these extremely interesting peculiarities of the piezo-electrical effect undoubtedly promise considerable possibilities for further wood studies.

*The Institute of Forests
of the Academy of Sciences
of the USSR
Moscow*

А. И. КАЛНИНЬШ

РАЗВИТИЕ ГИДРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ
И ПРОИЗВОДСТВО ФУРФУРОЛА
И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В РАЦИОНАЛИЗАЦИИ
ЛЕСОПОТРЕБЛЕНИЯ
В СССР

A. I. KALNINSII

DEVELOPMENT OF WOOD HYDROLYSIS
AND FURFURAL PRODUCTION
AND THEIR IMPORTANCE
FOR RATIONALIZATION OF WOOD CONSUMPTION
IN THE USSR

РАЗВИТИЕ ГИДРОЛИЗА ДРЕВЕСИНЫ И ПРОИЗВОДСТВО ФУРФУРОЛА И ИХ ЗНАЧЕНИЕ В РАЦИОНАЛИЗАЦИИ ЛЕСОПОТРЕБЛЕНИЯ В СССР

Лесохимическая промышленность одна из старейших отраслей химической переработки древесины, однако в дореволюционной России ее размеры были ничтожны. Только за годы советской власти эта промышленность сильно расширилась и по ряду направлений представляет собой в настоящее время самостоятельные отрасли, как, например, гидролизная промышленность, промышленность древесных пластмасс, промышленность искусственного волокна и эфиров целлюлозы, химия соединений фурана и др.

На данном этапе своего развития лесохимическая промышленность в СССР представляет собою мощную сеть предприятий, которые занимаются переработкой продуктов, получающихся при использовании дерева на корню, переработке сортиментной древесины, дровяной древесины и, в первую очередь, различных отходов лесного хозяйства и лесной промышленности.

Развитию новых производств, предусматривающих главным образом комплексную переработку древесины, способствует деятельность научно-исследовательских организаций и высших учебных заведений, предложения новаторов производства и инженерно-технического персонала.

В нашей статье мы останавливаемся лишь на двух отраслях лесохимии — гидролизе древесины и производстве фурфурола, представляющих, с нашей точки зрения, особый интерес, и не касаемся всего круга лесохимических работ, проводимых в СССР.

Гидролизная промышленность, начало которой было положено в СССР в 1934 г., выросла в нашей стране в очень развитую отрасль химической переработки древесины.

В СССР имеются специальные научно-исследовательские и проектные институты, обслуживающие эту промышленность. Наряду с усовершенствованием существующих промышленных методов гидролиза, ныне разрабатываются новые, еще более эффективные методы. Разработка этих методов возможна лишь на основе углубленных теоретических работ в области химии древесины и ее компонентов. Необходимо знать не только поведение полисахаридов по отношению к кислотам, но и поведение лигнина, так как свойства его весьма сильно влияют на технологию гидролиза древесины. Весьма большое значение имеет также изучение строения клеточных стенок древесины. Все эти вопросы изучаются в ряде научных учреждений страны и, в частности, в Институте лесохозяйственных проблем Академии наук Латвийской ССР, в связи с разработкой гидролиза древесины концентрированной серной кислотой.

Изучение гидролиза древесины концентрированными кислотами показывает, что условия, при которых протекает эта реакция, чрезвычайно сложны, и течение процесса складывается из ряда ступеней, переходящих одна в другую и перекрывающих друг друга. Первой ступенью, ведущей к растворению и гидролизу полисахаридов, является набухание клеточных стенок, которое зависит от свойств их составных частей.

Вопреки распространенному мнению, что лигнин в воде почти не набухает, установлено, что он, наоборот, значительно набухает в воде (37% объемных) и очень сильно — в концентрированной (75%-ной) серной кислоте (до 80% объемных). Присутствие сахаров в кислоте подавляет набухание лигнина. Набухание древесины резко делится на два периода: растворение и гидролиз гемицеллюлоз при концентрации кислоты от 48 до 56,5% и растворение целлюлозы при концентрации кислоты в 60% и выше. Поперечные срезы хвойной древесины в 64,5%-ной кислоте и в кислоте более высокой концентрации набухают быстро, причем полости клеток поздней древесины исчезают и начинается мацерация среза, которая быстро заканчивается. Исчезнувшие полости клеток появляю-

ся вновь и становятся больше, чем у исходных клеток. Площадь поперечного среза клеточных стенок увеличивается примерно в 15 раз.

При набухании в серной кислоте на поперечных срезах клеток наблюдается до 25 колец роста, толщиной в набухом состоянии 0,9—1,0 микрон, что соответствует толщине 0,2—0,25 микрона в сухих клеточных стенках. В набухших клеточных стенках замечается нерезко выраженная, радиальная штриховатость, являющаяся, по наблюдениям исследователей, вторичным образованием. Радиусы представляют, повидимому, линии сжатия, появляющиеся при набухании, а не реально существующие структурные области в первоначальной клеточной оболочке.

Набухание клеточных стенок удобно использовать как индикатор влияния разных условий на ход гидролиза. На рис. 1 изображены кривые набухания поперечных срезов поздней

древесины ели в серной кислоте разных концентраций, а также в 75- и 64,5%-ной кислоте в присутствии разного количества глюкозы. Добавление даже небольшого количества глюкозы заметно уменьшает способность кислоты вызывать набухание. По мере роста количества сахара набухание древесины в кислоте падает и при содержании сахара около 40% составляет

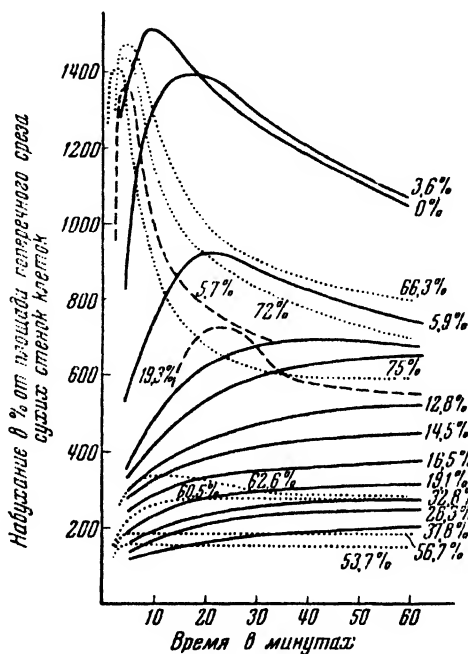


Рис. 1. Кривые набухания поперечных срезов поздней древесины ели в кислоте и в кислых растворах глюкозы:

— раствор сахара в 64,5%-ной кислоте;
 раствор сахара в 75%-ной кислоте;
 кислота без сахара.

лишь около 200 % площади среза сухих клеточных стенок, т. е. величины того же порядка, что и в 54%-ной серной кислоте, которая может растворять только гемицеллюлозы и то лишь частично. Добавление глюкозы к 64,5%-ной кислоте снижает

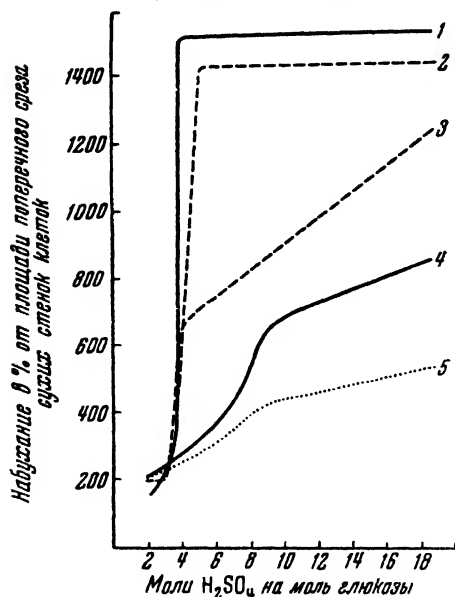


Рис. 2. Ход набухания поперечных срезов поздней древесины в зависимости от концентрации кислоты и сахара:

1 — кислота 64,5%-ная; 2 — кислота 75%-ная; 3 — глюкоза в 75%-ной кислоте; 4 — глюкоза в 64,5%-ной кислоте; 5 — набухание через 24 часа.

набухание намного сильнее, чем добавление ее к 75%-ной кислоте. Это объясняется тем, что в более разбавленной кислоте достаточно связать небольшую часть моногидрата, чтобы резко снизить количество кислоты, абсорбированной компонентами древесины.

Набухание древесины, в зависимости от концентрации кислоты и сахара, показано на рис. 2. Кривые проведены по точкам максимумов набухания. Очевидно, левый участок кривых до точек перелома определяется в основном набуханием гемицеллюлоз и частично целлюлозы, а правый — набуханием целлюлозы.

Набухание древесины в растворе сахара в 75%-ной кислоте характеризуется более быстрым подъемом гемицеллюлозного участка кривой, по сравнению с кривой для раствора в 64,5%-ной кислоте. Величина набухания за счет гемицеллюлоз в обоих случаях почти одинакова, но в первом случае точка перелома получается в растворе, в котором на моль глюкозы приходится 4 моля моногидрата, во втором — 10 молей. Другими словами, чтобы вызвать одинаковый эффект набухания древесины за счет гемицеллюлоз в более слабой кислоте, необходимо на моль глюкозы взять значительно больше моногидрата, чем в более крепкой кислоте.

Из приведенных данных следует, что моногидрат при набухании используется в более концентрированной кислоте лучше, чем в менее концентрированной. Через некоторое время начинается процесс снижения набухания, который практически через 24 часа заканчивается. На рис. 2 внизу изображена кривая набухания древесины в растворах сахара в 64,5%-ной серной кислоте после окончания процесса снижения набухания. Конфигурация этой кривой в общем повторяет ход кривой максимумов набухания, только подъем кривой более пологий.

Изучение характера набухания в зависимости от концентрации кислоты и количества сахара в кислоте позволяет более ясно представить себе процессы, протекающие при гидролизе древесины.

Лучшими условиями для предгидролиза измельченной еловой древесины при модуле 1 : 10 являются концентрация серной кислоты 55%, время 60 минут и температура 50°. Выход редуцирующих веществ составляет 28,8%.

Целлюлоза начинает гидролизываться с заметной скоростью 60%-ной кислотой при температуре свыше 30°.

Кривые скорости гидролиза гемицеллюлоз проходят через минимум. Это касается не только гидролиза хвойной древесины (ель), но и лиственной (березы). Неравномерный ход гидролиза указывает на присутствие этих полисахаридов в различной толще клеточной стенки. Изменение скорости гидролиза показано на рис. 3.

При концентрации кислоты в 65%, продолжительности гидролиза в 10 минут и температуре 50° из словых опилок получено

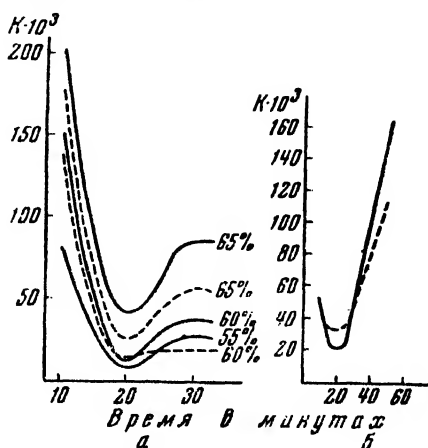


Рис. 3. Изменение констант скорости гидролиза:

а — пентозанов; б — целлюлозы;
— холопеллюлоз;
..... древесины.

68,7% редуцирующих веществ. Скорость гидролиза пентозанов, как и целлюлозы, и в этом случае тоже проходит через минимум. Гидролиз древесины и холоцеллюлозы протекает практически одинаково. Лигнин несколько тормозит гидролиз полисахаридов. После его удаления клеточная стенка становится более пористой, а ее внутренняя поверхность более доступной для кислоты.

Для сокращения расхода кислоты на единицу древесины имеются две возможности: повышение температуры и тесное смешение древесины с кислотой. В таблице приведены некоторые данные по гидролизу опилок небольшими количествами 75%-ной серной кислоты при тесном смешивании их при разных температурах.

Данные по гидролизу опилок

Модуль (объемный)	Темпера- тура, °	Выход реду- цирующих веществ, %	Модуль (объемный)	Темпера- тура, °	Выход реду- цирующих веществ, %
1 : 1	30	56,9	1 : 1	40	61,0
1 : 1,5	30	64,3	1 : 1,5	40	66,2
1 : 2	30	64,7	1 : 1	50	63,4
1 : 2,5	30	68,4	1 : 0,5	50	52,5
1 : 3	30	68,7	1 : 0,25	50	50,3

Таким образом, увеличение модуля с 1 : 1 до 1 : 3 резко увеличивает выход редуцирующих веществ (с 56,9 до 68,7%). Но даже при модуле 1 : 1,5 получается хороший выход. Повышение температуры до 40° при модуле 1 : 1,5 позволяет получать тот же выход в 16 раз быстрее, чем при 30°. Повышение температуры до 50° позволяет получать удовлетворительные выходы редуцирующих веществ при модуле 1 : 0,5 и даже 1 : 0,25.

Особый теоретический и практический интерес представляет гидролиз древесины с последними модулями. В этом случае на каждый условный «моль древесины», принятый равным 165 (в расчет принят и лигнин), приходится только 0,5—1 моль серной кислоты и 1—2 моля воды. Вследствие этого реакция дробления полисахаридов должна идти при остром недостатке воды и кислоты.

. При обычной температуре кислота адсорбируется древесинной, что ведет к уменьшению подвижности ее молекул. Вязкость среды даже там, где случайно оказалось значительное количество кислоты, очень велика за счет насыщения ее углеводами, и диффузия кислоты идет весьма медленно.

Для уменьшения вязкости и ускорения химической реакции гидролиза необходимо поднять температуру. Однако одно повышение температуры не может обеспечить хороших выходов сахаров, так как для самопроизвольного распределения кислоты по всей массе требуется длительное время и сахара распадаются. Поэтому с целью ускорения распределения кислоты между полисахаридами необходимо растирание для разрушения клеточной структуры.

Среди более или менее подробно рассмотренных многочисленных возможностей использования лесосечных и других древесных отходов мы не вправе оставить без внимания также вопрос, который за последние годы приковывает к себе в СССР все нарастающее внимание широких кругов химиков, технологов и других специалистов разных смежных дисциплин. Речь идет о новых областях применения известного продукта — фурфурола, получаемого в некоторых процессах химической переработки лесосечных отходов.

Этот, почти единственный доступный в массовых масштабах «полуароматический» альдегид оставался в течение почти ста лет, со дня его открытия Цеберейнером в 1832 г., мало известным среди других редких химических реактивов веществом. Только после первой мировой войны в некоторых странах обратили внимание на возможность получения дешевого фурфурола из разных сельскохозяйственных отходов, например, из кукурузных початков, овсяной шелухи, подсолнечной лузги и т. д. Как известно, древесина и другие растительные ткани содержат гемицеллюлозу, причем последняя состоит из полимерных сахаров — пентозанов (ксилан, арабан) и гексозанов (манан, галактан). Именно пентозаны являются главным источником образования фурфурола в процессе кислотного гидролиза и последующей дегидратации сахаров. Кроме того, некоторое количество фурфурола образуется также из уроновых кислот и даже целлюлозы. Выбор упомянутых сельскохозяйственных

отходов в качестве источника получения фурфурола обуславливается их низкой стоимостью и главным образом необычайно высоким содержанием пентозанов, достигающим 25—30%.

Хорошим сырьем для получения фурфурола могут служить также отходы фанерной промышленности, особенно так называемые «карандаши» — сердцевинная часть перерабатываемых березовых кряжей. По исследованиям, которые производились в Институте лесохозяйственных проблем и в Латвийской сельскохозяйственной академии, выход фурфурола из названных выше отходов составляет 15—17% от абсолютно сухой древесины. Это — наибольший выход, полученный при прямом гидролизе древесного сырья.

После второй мировой войны разрешение фурфурольной проблемы в СССР пошло по совершенно новому пути. До этого времени в основе производственных приемов получения фурфурола были экстенсивные методы переработки растительных отходов по известному способу Майнера, применяемому еще и теперь, например, в США. Сейчас мы пошли по пути более экономичного комплексного использования растительного сырья.

Раньше проводилась однократная обработка смоченного раствором кислоты сырья в автоклавах — при относительно высоких температурах и токе пара выводился образующийся фурфурол. Таким образом, обе реакции — гидролиз пентозанов и дегидратация пентоз — в этом процессе совмещались по времени. Однако, несмотря на относительно высокий выход фурфурола (7—9%) и небольшие удельные расходы пара (до 40—60 кг на 1 кг фурфурола), этот способ производства у нас не привился.

В настоящее время в гидролизной промышленности СССР освоены два принципиально новых способа производства фурфурола: во-первых, ректификация так называемых решоферных конденсатов, получающихся при испарительной системе регенерации тепла в гидролизном производстве, и, во-вторых, производство фурфурола при комплексной переработке более богатого пентозанами сырья из пентозных гидролизатов с применением двухфазного гидролиза.

В этой связи становится понятным, почему фурфурол, бывший у нас до войны главным продуктом производства, превратился сейчас в побочный продукт. Производство фурфурола

концентрируется теперь на гидролизных заводах, где в качестве сырья используется разное растительное сырье, главным образом древесные отходы. Как известно, лиственная древесина содержит 15—25% пентозанов, а хвойная — 5—15%.

В ходе решения проблем, возникших в связи с комплексным использованием всех составных частей древесины, пришлось преодолеть немало теоретических и технических трудностей.

Коллектив ученых СССР достиг значительных успехов и в разработке непрерывного метода дегидратации пентозных гидролизатов, дающего возможность получать фурфурол с выходом 85% от теоретически возможного.

Для того чтобы охарактеризовать, до каких мельчайших тонкостей продумана вся система комплексного использования растительных отходов, приведем следующий пример. На гидролизном заводе в Узбекской ССР пущено в эксплуатацию первое в СССР производство совершенно нового вида пищевой органической кислоты, применяемой в кондитерской промышленности взамен лимонной (эта кислота менее токсична и лучше переносится организмом). Речь идет о триоксиглутаровой кислоте, получаемой путем окисления ксилозы азотной кислотой. Сама ксилоза выделяется из пентозных гидролизатов. Не используемые при выделении ксилозы маточные растворы идут на дегидратацию, в результате чего образуется фурфурол.

Одним из интереснейших моментов в развитии проблемы использования лесосечных отходов является промышленное освоение новых химических способов превращения фурфурола, получаемого из лесосечных отходов, в самые разнообразные продукты, находящие применение в сельском хозяйстве, текстильной промышленности, медицине и т. д.

Химия фурана — пятичленного гетероцикла с четырьмя углеродными и одним кислородным атомом — сейчас вылилась в обширную самостоятельную область, насчитывающую, по данным реферативной литературы, более 6000 отдельных исследований, опубликованных на страницах мировой научной печати.

В Институте лесохозяйственных проблем Академии наук Латвийской ССР существует специальный сектор, занимающий-

ся исследованиями в области химии фурана. Латвийские ученые, вместе с химиками других советских республик, посвящают этому вопросу большое внимание и уже внесли свой вклад в изучение вопросов химической переработки фурфурола. Особо следует отметить разработку непрерывных контактных процессов превращения фурфурола в разные важные промежуточные и конечные продукты органического синтеза, ввиду того, что эти процессы отвечают специфическим требованиям современного химического производства.

Советским ученым удалось разработать интересный процесс парофазного контактного окисления фурфурола в малеиновый ангидрид при помощи кислорода воздуха. Над этим вопросом, начиная с 30-х годов, работали такие химики, как Сешенс, Милас, Волш, Цумштейн, Нилсен и др., но никто из них не нашел таких условий проведения реакции и такого катализатора, которые обеспечили бы достаточно высокий выход малеинового ангидрида при удовлетворительной производительности процесса. В настоящее время мы в состоянии получить малеиновую кислоту с выходом 75—80% при высокой производительности процесса. Катализатор в состоянии работать на протяжении многих лет без потери даже части своей активности. Интересно, что сопровождающие технический фурфурол органические примеси на этом катализаторе сгорают полностью до углекислоты и воды и поэтому не мешают протеканию основной реакции. Это дает возможность осуществить процесс получения малеиновой кислоты непосредственно на заводах, вырабатывающих фурфурол, и использовать для этой цели неочищенный, более дешевый продукт.

Малеиновая кислота улавливается частично в виде водного раствора, а малеиновый ангидрид оседает на стенках специальной камеры в виде красивых игольчатых кристаллов. Обработка водный раствор малеиновой кислоты солями гидразина, получают, как известно, сильно действующий на рост растений малеин-гидразид. Опытами, проведенными на полях сельскохозяйственных станций Академии наук Латвийской ССР и Латвийской сельскохозяйственной академии, установлено, что опрыскивание листьев картофеля раствором малеин-гидразида за некоторое время до снятия урожая приводит к тому, что

картофель теряет способность к прорастанию. Это дает возможность сохранять картофель круглый год на складах без значительных потерь.

В США и других странах малеиновый ангидрид, который находит широкое применение для производства высококачественных мебельных лаков, пищевых кислот, гербисидов и дефолиантов, получают исключительно из бензола или кротонового альдегида. Из сказанного выше видно, что в СССР открыта возможность получения малеинового ангидрида из лесосечных отходов через фурфурол.

Другой областью использования фурфурола, над которой работают ученые Академии наук Латвийской ССР, является синтез из него разных лекарственных препаратов.

Для этой цели были исследованы новые химические реакции в области нитрования производных фурана. В настоящее время у нас в промышленном масштабе проводится нитрование фурфурола. В результате получается 5-нитрофурфурол — исходное вещество для синтеза нового класса антимикробных препаратов — нитрофуранов. Уже с 1948 г. советская медицина широко пользуется препаратами этого нового класса, в частности, фурацилином. В Академии наук Латвийской ССР найдены новые способы лечения дизентерии при помощи нитрофуранов. В Средней Азии фурацилин с большим успехом был испытан при лечении трипанозомозов, в частности, при заболевании верблюдов и лошадей, известном там под названием «су-ауру». Фурановые препараты все больше внедряются в практику при лечении других самых разнообразных инфекционных заболеваний. Систематические исследования соединений этого ряда позволили также решить теоретические вопросы зависимости физиологических свойств этих соединений от их химической структуры.

25 лет назад советский химик Д. Н. Прянишников нашел метод выработки фурана из так называемой сильвановой фракции, получаемой при сухой перегонке березовой древесины. Количества добываемого тогда фурана исчислялись килограммами. Сейчас получают фуран в количестве многих десятков тонн путем декарбонилирования фурфурола. Исследования в этой области проводят узбекские ученые в Академии наук

Узбекской ССР, а также латвийские химики. Из лабораторной редкости фуран превращается в важнейшее химическое сырье для получения искусственного текстильного волокна — нейлона.

Алкилирование фурана приводит, в свою очередь, к получению сотни новых соединений с интересными и многообразными свойствами.

Краткий обзор работ, проводимых в области химической переработки фурфурола, показывает, какие громадные возможности кроются только в этой интересной и своеобразной области использования лесосечных отходов. Только при совместном творчестве очень широких кругов научных работников, все усилия которых направлены к мирному, созидательному труду, возможно быстрое решение важнейших проблем рационального использования лесных богатств.

*Институт лесохозяйственных
проблем Латвийской ССР
Рига*

DEVELOPMENT OF WOOD HYDROLYSIS AND FURFURAL PRODUCTION AND THEIR IMPORTANCE FOR RATIONALIZATION OF WOOD CONSUMPTION IN THE USSR

The wood-chemical industry is one of the oldest branches of chemical wood processing, but in pre-revolutionary Russia it was developed to a very small extent. Only in the years of Soviet power has this industry been greatly extended in a number of directions and now represents independent branches such as the hydrolysis industry of wood plastics, industry of artificial fiber and cellulose ethers, chemistry of furan compounds, and others.

At the present stage the wood-chemical industry in the USSR is a ramified network of enterprises which are engaged in processing the products obtained from unfelled trees, industrial wood, firewood and, in the first place, the waste of the timber and wood industries. Development of new industries dealing mainly with wood processing is promoted by scientific-research institutions and schools of higher learning, by innovator-Stakhanovites, engineers and technicians.

In this paper we intend to dwell only on two branches of wood chemistry: wood hydrolysis and furfural production, which are studied by scientists of the Latvian SSR and which from our standpoint are of special interest. We shall not touch upon the wide range of wood-chemical work being carried out in the USSR.

The hydrolysis industry which began in the USSR in 1934 has become a highly developed branch of chemical wood processing.

In the USSR there are special scientific-research and designing institutes serving this industry. Together with improve-

ment of the existing industrial methods of hydrolysis, still more effective new ones are being worked out now. Elaboration of these methods is possible only on the basis of profound theoretical works in the sphere of wood chemistry and its components. Not only the behaviour of polysaccharides as regards acids should be known, but that of lignin as well, because its strong effect on wood hydrolysis technology. Very important, too, is the investigation of the structure of cell walls of wood. All these problems are being studied by a number of scientific institutions of the country and particularly by the Institute of Forestry Problems of the Academy of Sciences of the Latvian SSR in connection with working out methods of wood hydrolysis with concentrated sulphuric acid.

Investigation of wood hydrolysis with concentrated acids shows that the conditions under which this reaction takes place are extremely complicated and the process passes through a number of stages of transformation and overlapping.

The first stage leading to dissolving and hydrolyzing of the polysaccharides consists in swelling of the cell walls which depends upon the properties of their components.

Regardless of the widespread opinion to the effect that lignin hardly swells in water, it has been established that on the contrary, it swells in water to a considerable extent (37 per cent of the volume) and to a very great extent in concentrated sulphuric acid (in 75 per cent acid it swells to 80 per cent of the volume). Sugars present in acid suppress swelling of the lignin.

Wood swelling is sharply divided into two stages: the stage of dissolution and hydrolyzation of the hemicelluloses in the acid concentrated from 48 to 56.5 per cent and the stage of dissolution of the cellulose in the acid of 60 per cent and during concentration. Cross cuts of coniferous wood rapidly swell in 64.5 per cent and more concentrated acid, the cell cavities of the late wood disappears, then maceration of the cross-cut begins and ends rapidly. The cell cavities appear again and become larger than they were before. The cross-cut area of the cell walls becomes approximately 15 times as large.

When the cross-cuts swell in sulphuric acid, up to 25 rings of growth can be observed on the cross-cuts of the cells. These rings in

a swelled state are 0.9-1.0 μ thick. This corresponds to 0.2-0.25 μ of their thickness in dry state. In the swelled cell walls radial shading not sharply expressed can be seen; this is, according to observations made by investigators, a second formation. The radii are likely to be compression lines appearing when swelling but are not real structural regions in the initial cell coat.

It is convenient to use swelling of the cell walls as an indicator. This makes it possible to determine the influence of different conditions on the progress of the hydrolysis. Fig. 1 shows curves of swelling of cross-cuts of the late spruce wood in sulphuric acid of different concentrations as well as in the 75 per cent and 64.5 per cent acid in the presence of different quantities of glucose. Addition even of a small quantity of glucose markedly decreases the capability of the acid to cause swelling.

As the quantity of sugar in the acid increases, swelling of the wood subsides and when the content of sugar is about 40 per cent, swelling reaches only about 200 per cent of the cut area of the dry cell walls, that is, the quantity of the same order as in 54 per cent sulphuric acid which can dissolve only hemicelluloses and even then partially. Addition of glucose to 64.5 per cent acid reduces swelling to a greater extent than addition of it to 75 per cent acid. This is explained by the fact that it is necessary only to combine a small

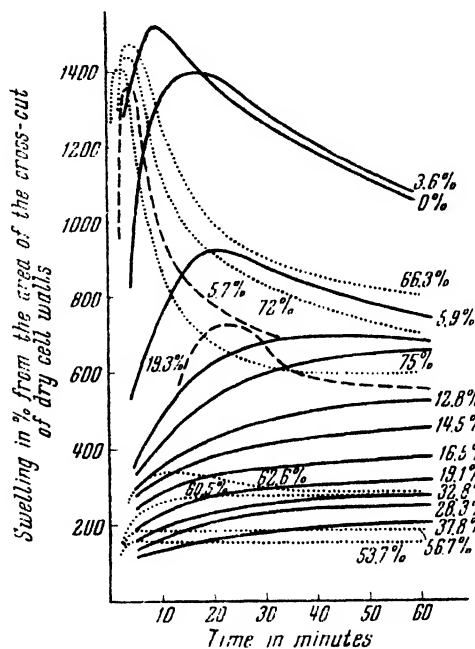


Fig. 1. The curves of swelling of cross-cuts of spruce late wood in acid and acid solutions of glucose:

— solution of sugar in 64.5% acid; --- solution of sugar in 75% acid; acid without sugar.

part of monohydrate in the diluted acid to sharply reduce the quantity of the acid absorbed by the wood components.

Swelling of the wood as depending on the concentration of the acid and sugar is shown in Fig. 2. The curves are drawn through the peak points of swelling. It is obvious that the segment of the curves to the left up to the turning points is determined in the

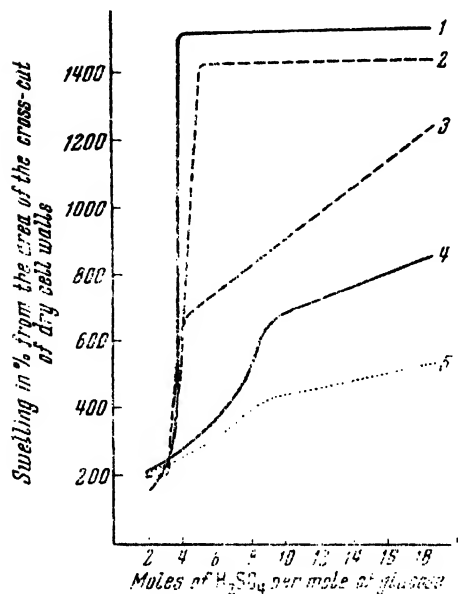


Fig. 2. Progress in swelling of the cross-cuts of the spruce late wood depending on concentration of acid and sugar:

1 — 64.5 % acid; 2 — 75% acid; 3 — glucose in 75 % acid; 4 — glucose in 64.5 % acid; 5 — swelling in 24 hours.

main by swelling of the hemicelluloses and partially of the cellulose, and that to the right—by swelling of the cellulose.

Swelling in solution of sugar in 75 per cent acid is marked by a more rapid rise of the hemicellulose segment of the curve than for the solution in 64.5 per cent acid. In both cases the quantity of swelling at the expense of the hemicelluloses is almost equal, but in the first case the turning point is reached in the solution in which there are 4 moles of hydrate per mole of glucose, in the second case — 10 moles of hydrate per mole of glucose. In other words, to cause the same effect of wood swelling

at the expense of the hemicelluloses in less concentrated acid it is necessary to take a considerably greater quantity of monohydrate than in the more concentrated acid.

From these data it follows that on swelling the monohydrate is used better in acid that is more concentrated than less concentrated. After some time the process of falling starts and ends practically in 24 hours. The lower part of Fig. 2 shows the curve of swelling in sugar solutions in 64.5 per cent sulphuric acid after

termination of falling. Configuration of this curve in general repeats the form of the curve of swelling maxima. The only difference is that the curve rises more gradually.

A study of the swelling character as depending on the acid concentration and the quantity of sugars in the acid makes it possible to conceive more clearly the processes taking place in wood hydrolysis.

The best conditions for preliminary hydrolysis of sprucewood sawdust with a module of 1 : 10 are the following: concentration of the sulphuric acid — 55 per cent, time — 60 minutes and temperature 50° C. The yield of reducing substances is 28.8 per cent.

The process of hydrolyzing cellulose begins with a marked velocity with 60 per cent acid in a temperature exceeding 30° C.

The hemicellulose hydrolysis rate curves pass through the minimum. This concerns not only the hydrolysis of coniferous wood (spruce), but deciduous wood (birch) as well. The uneven progress of the hydrolysis indicates uneven distribution of these polysaccharides in the mass of the cell wall. Change in the hydrolysis rate is shown in Fig. 3.

When the concentration of the acid was 65 per cent, the time of hydrolyzing — 10 minutes and the temperature — 50° C, 68.7 per cent of reducing substances was obtained from spruce sawdust. The hydrolysis rate of the pentosans as well as of the cellulose in this case also passes through the minimum (see Fig. 3). The progress of the wood and cholecellulose hydrolysis is practically the same (Fig. 3). The lignin influence manifests itself to a small extent: it slightly hinders the reaction between the acid

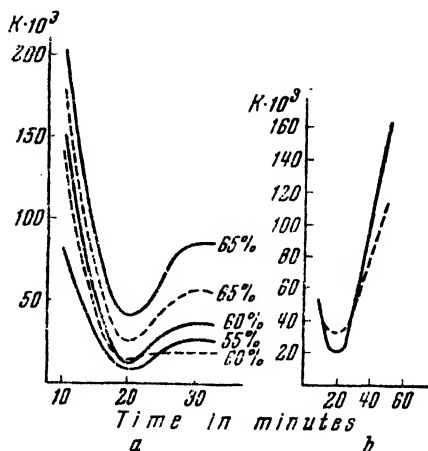


Fig. 3. Variation of the hydrolysis rate constants of:

a — pentosans; b — cellulose;
 — cholecellulose; — wood.

and the polysaccharides. After removal of the lignin (cholocelulose) the cell wall becomes more porous and its internal surface more accessible to the acid.

There are two ways to reduce expenditure of acid per unit of wood: increase the temperature and make a compact mixture of the wood with the acid. The following table shows some data obtained when hydrolizing the sawdust with small quantities of 75 per cent sulphuric acid and simultaneously mixing them in different temperatures.

Data obtained on hydrolizing sawdust

Module (volumetric)	Temperature according to centigrade scale	Yield of reducing substances	Module (volumetric)	Temperature according to centigrade scale	Yield of reducing substances
1 : 1	30	56.9	1 : 1	40	61.0
1 : 1.5	30	64.3	1 : 1.5	40	66.2
1 : 2	30	64.7	1 : 1	50	63.4
1 : 2.5	30	68.4	1 : 0.5	50	52.5
1 : 3	30	68.7	1 : 0.25	50	50.3

Thus, increasing the module from 1 : 1 to 1 : 3 under a temperature of 30° we sharply increase the yield of reducing substances from 56.9 to 68.7 per cent. But even with the module 1 : 1.5 we have a good yield. Increasing the temperature to 40°, the module being 1 : 1.5, it is possible to achieve the same yield 16 times faster than under 30°. The rise of temperature to 50° makes it possible to provide a satisfactory yield of reducing substance, the module being 1 : 0.5 or even 1 : 0.25.

Wood hydrolysis modules of 1 : 0.5 and 1 : 0.25 are of special theoretical and practical interest. In this case per every conditional "mole of wood," accepted to be equal to 165 (lignin is taken into account too), there is only 0.5-1 mole of sulphuric acid and 1-2 moles of water. Owing to this the reaction of dividing the polysaccharides into parts should proceed with very little water and acid.

Under normal temperature the acid is absorbed by the wood and this results in a decrease of mobility of its molecules. Vis-

cosity of the medium where occasionally a big quantity of acid collected is very high because of its saturation with carbohydrates and therefore diffusion of the acid is very slow.

To reduce viscosity and accelerate the chemical reaction of hydrolysis it is necessary to raise the temperature. But raising the temperature alone cannot provide a good yield of sugars because for spontaneous distribution of the acid over the whole mass much time is needed and therefore the sugars are divided into components. Consequently, in order to accelerate distribution of the acid among the polysaccharides, grinding is necessary to destroy the cell structure of the wood.

Among the numerous possibilities of using waste of wood-cutting areas and the wood industry that we have considered in more or less detail, we cannot overlook the question that has been attracting in recent years the attention of wide circles of chemists, technologists and other specialists of various contiguous branches of science. The question is the new spheres of application of the well-known product, furfural, which is obtained as a result of certain chemical treatment of the waste of wood-cutting areas.

This "semi-aromatic" aldehyde which is almost the only product obtainable on a wide scale remained for almost a hundred years from the day of its discovery by Döbereiner in 1832 a little known substance among other rare chemical reagents. Only after the First World War in some countries attention was paid to the possibility of obtaining cheap furfural from various agricultural waste, for example, from corn-cobs, from the husk of oat and sunflower seeds, etc. As is known, wood and other vegetable tissues contain hemicellulose, the latter being composed of polymeric sugars — pentosans (xylan, arabane) and hexosans (mannan, galactan). It is pentosans that are the main source of furfural formation in the process of acid hydrolysis and subsequent dehydration of the sugars. Moreover, some quantity of furfural is also formed out of uronic acids and even from cellulose. Selection of the agricultural waste mentioned for obtaining furfural is conditioned by its low price and mainly by extraordinary high content of pentosans (up to 25-30 per cent).

As a good raw material for obtaining furfural, waste of the veneer industry can also be used, especially the so-called "pen-

cils" — the corn piths taken from the birch blocks. According to the investigations which were carried out at the Institute of Forestry Problems and at the Latvian Agricultural Academy, the yield of furfural from these materials is about 15-17 per cent to absolutely dry wood. It is the maximum yield obtained with the help of direct hydrolysis of wood raw materials.

After the Second World War the solution of the furfural problem in the USSR took a new course. Previously industrial methods of obtaining furfural were based on treating the vegetable waste according to Miner's well-known method still used, for example, in the USA. Now the USSR has introduced a more economical complex utilization of vegetable raw materials.

Formerly raw materials moistened with acid solution were treated in autoclaves; furfural was obtained under relatively high temperatures and in steam current. Thus both reactions—pentosan hydrolysis and pentose dehydration—coincided in this process from the point of view of time. But in spite of a relatively high yield of furfural (7-9 per cent) and small specific expenditure of steam (up to 40-60 kg. per kg. of furfural) this method has not taken root in our country.

At present the hydrolysis industry in the USSR has mastered two new methods of furfural production which differ from the previous ones in principle: the first method consists in rectification of the so-called rechauffer condensates formed when the evaporation system of heat regeneration is used in hydrolysis production, and the second method is a furfural production with complex treatment of raw materials rich in pentosans obtained from pentose hydrolysates using a two phase hydrolysis.

In this connection it becomes clear why furfural which before the war was the main product of special manufacture in our country has now become a by-product. Production of furfural is now concentrated at hydrolysis factories which use in their work various vegetable raw materials and mainly wood waste. As is known, wood of deciduous species contains 15-25 per cent of pentosans and that of coniferous species — 5-15 per cent.

In the process of solving the problems which had sprung up in connection with the complex use of all wood components we had to overcome many theoretical and technical difficulties.

The collective body of Soviet scientists has also achieved considerable success in elaborating the method of continuous dehydrating pentose hydrolysates which makes it possible to obtain furfural in quantities of 85 per cent to the theoretically possible.

In order to show to what smallest details the whole system of complex use of vegetable waste has been conceived we shall cite the following example. At the hydrolysis factory in the Uzbek SSR there was introduced for the first time in the USSR a new kind of food organic acid used in the confectionery industry instead of citric acid (the former is less toxic and more easily digested). The reference is to trioxylglutaric acid obtained by oxidizing the xylose with nitric acid. The xylose itself is exuded from pentose hydrolysates. The mother liquors not used on exuding the xylose are used for dehydration which induces furfural.

One of the most interesting modern developments in the problem of the application of wood-cutting waste consists in the industrial use of the new chemical methods of transforming the furfural obtained from wood-cutting waste into the most diverse products used at present in agriculture, the textile industry, medicine, etc.

The chemistry of furan-pentatomic heterocycle with four atoms of carbon and one atom of oxygen has now become an extensive independent branch of chemistry on which, according to literature reviewed, more than 6,000 individual research works were published in the columns of the world scientific press.

At the Institute of Forestry Problems of the Academy of Sciences of the Latvian SSR there is a special section responsible for investigations in the sphere of furan chemistry. Latvian scientists together with the chemists of other Soviet Republics devote much attention to this question and have already made their suggestions on the study of the problems of chemical furfural treatment. Special stress should be laid on an elaboration of continuous contact processes of furfural transformation into important intermediate and final products of organic synthesis as these processes meet the specific requirements of modern chemical production.

Soviet scientists have succeeded in elaborating an interesting steam-phase contact oxidation of furfural into maleic anhydride

with the help of air oxygen. Such chemists as Seshens, Millas, Walsh, Tzumshtein, Nielsen and others have been working on this problem from the recent 'thirties but not one of them found such conditions of the reactions and such an accelerator that could provide a sufficiently high yield of maleic anhydride with satisfactory productivity of the process. At present we are able to obtain maleic acid with 75-80 per cent yield with high productivity of the process. The accelerator is able to work for many years without even partial loss of its activity. It is interesting to note that the organic admixtures accompanying technical furfural are burnt in the presence of this accelerator fully disintegrating into carbonic acid and water and do not hamper the progress of the basic reaction. It makes it possible to realize the process of obtaining maleic acid directly at the factories producing furfural and to use for this purpose unrefined cheaper products.

Maleic acid is caught partially in the form of water solution and maleic anhydride precipitates on the wall sides of a special chamber in the form of beautiful needles. Treating the water solution of maleic acid with hydrazine salts, we know that, malein-hydrazide which strongly affects vegetation growth is obtained. In the experimental fields of the agricultural stations of the Academy of Sciences of the Latvian SSR and in those of the Latvian Agricultural Academy it has been established that on spraying the leaves of potatoes with malein-hydrazide solution some time before harvesting, the crop of potato and of other roots becomes incapable of sprouting. Thus this method makes it possible to keep the potatoes in stores all the year round without considerable losses.

In the USA and other countries maleic anhydride which is widely used for production of high-grade furniture lacquers, food acids, herbicides and defoliators are obtained exclusively from benzol or crotonaldehyde. As is obvious from the above stated a new possibility for obtaining maleic anhydride from woodcutting waste through furfural has been discovered in the USSR.

Another sphere of furfural application the scientists of the Academy of Sciences of the Latvian SSR are working on is synthesis of various medicines from furfural.

For this purpose new chemical reactions in the sphere of nitrating furan derivatives have been investigated. At present

we nitrate furfural on an industrial scale. As a result, 5 nitro-furfural is obtained — initial matter for synthesis of a new class of antimicrobial preparations (nitrofurans). Already in 1948 Soviet medicine made wide use of a preparation of this new class, in particular, furacyllin. At the Academy of Sciences of the Latvian SSR new methods of curing dysentery with the help of nitrofurans have been worked out. In Middle Asia furacyllin has been successfully tested for curing tripanozomoses, in particular, in case of camels and horses suffering from the disease known there as "su-auru". Furan preparations are being increasingly put into practice for curing the most diverse infectious diseases. Systematic investigations of compounds of this series have also made it possible to solve theoretical problems of dependence of physiological properties of these compounds on their chemical structure.

Twenty-five years ago the Soviet chemist N. D. Pryanishnikov worked out a method of producing furan from the so-called silvan fraction obtained on dry distillation of birchwood. The quantities of furan obtained in this case were calculated in kilograms. Now furan is obtained in many tens of tons by means of furfural decarbonylating. Investigations in this sphere are carried out by Uzbek scientists at the Academy of Sciences of the Uzbek SSR as well as by Latvian chemists. From being a laboratory rarity furan has become an important chemical raw material for obtaining artificial textile fiber — nylon.

Alkylation of furan leads in turn to obtaining about a hundred new compounds possessing interesting and varied properties.

The short review of work being done in the sphere of chemical treatment of furfural shows what tremendous possibilities are hidden only in this interesting and peculiar sphere of application of wood-cutting waste. The rapid solution of important problems of the rational use of forest resources becomes possible through the combined efforts of very wide circles of scientific workers who are doing their utmost for peaceful creative labour.

*The Institute of Forestry
Problems of the Latvian SSR
Riga*

Ф. И. ТЕРЕХОВ

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ
ПОДСОЧКИ СОСНЫ
В СССР

F. I. TEREKHOV

INVESTIGATIONS IN THE SPHERE
OF TAPPING PINE-TREES
IN THE USSR

ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОДСОЧКИ СОСНЫ В СССР

Подсочка хвойных пород в СССР — сравнительно молодая отрасль лесохозяйственного производства. Она возникла в 1926 г., когда были получены первые 413 т живицы из *Pinus silvestris* L. В дальнейшем добыча живицы ежегодно увеличивалась, и в настоящее время СССР занимает второе место в мировой терпентинной промышленности по производству капифоли и терпентинного масла.

Огромные запасы еще не осваиваемых подсочкой сосновых насаждений дают возможность все более расширять это важное для народного хозяйства производство.

Наряду с производственной деятельностью умножаются и углубляются научно-исследовательские работы в области подсочки хвойных, особенно *Pinus silvestris* L., являющейся основным источником получения живицы. Они проводятся в направлениях: изучения анатомии смолообразующего аппарата сосны, кедра, ели и лиственницы, физиологии смолообразования и смолывыделения при подсочке, влияния природных факторов на смолывыделение сосны, кедра, ели; разработки новых, более совершенных способов подсочки сосны, кедра, ели; изыскания химических методов воздействия на смолывыделение при подсочке хвойных; изучения влияния подсочки на состояние насаждений сосны, кедра, ели; конструирования и создания новых режущих инструментов и оборудования.

Результаты довоенных и более поздних исследований и практики подсочки периодически освещались в лесотехнической литературе и специальных технических руководствах. В 1940 г.

член-корр. АН СССР проф. Л. А. Иванов обобщил основные достижения советских ученых и в значительной мере достижения зарубежных ученых (до 1939 г.) в своем труде «Биологические основы добывания терпентина в СССР», известном многим странам, ведущим подсочку леса.

В настоящем сообщении мы поделимся некоторыми результатами последних исследований подсочки сосны, которые, по нашему мнению, представляют теоретический и практический интерес для развития мировой терпентинной промышленности.

О ПОКАЗАТЕЛЯХ СМОЛОПРОДУКТИВНОСТИ СОСНЫ

(Pinus silvestris L.)

Смолопродуктивность дерева, под которой понимают количество живицы, выделяющейся в единицу времени на единицу среза, зависит, как известно, от многих природных (в отличие от технических) факторов, в числе которых важная роль принадлежит лесоводственным условиям: тип леса, возраст, полнота и другие.

Изучению влияния отдельных факторов на выходы живицы посвящены многие работы в нашей отечественной и зарубежной литературе. Однако до последнего времени не установлена взаимная связь между отдельными факторами, не выяснены главные причины различных выходов в насаждениях и не найдены надежные показатели смолопродуктивности.

Наши исследования в этом направлении ставили целью изучение влияния комплекса факторов на смолопродуктивность сосны и выявление наиболее важных из них.

Опыты проводились в трех различных лесорастительных районах зоны тайги: Карелии, Ленинградской области и Западной Сибири, в наиболее характерных насаждениях, представленных разными типами леса, возрастными группами и полнотой. Технические показатели и режим нанесения ранений (размеры ранений, пауза между подновками и др.) были приняты близкими к производственной подсочке.

В результате трехлетних исследований получен значительный материал, позволивший сделать ряд важных выводов. Установлено, что во всех трех лесорастительных районах выходы живицы в насаждениях различной лесоводственной ха-

рактические почти прямо пропорциональны диаметрам среднего дерева этих насаждений. Как показывают материалы многих исследователей, диаметр отражает важные процессы жизнедеятельности дерева. Эта величина свидетельствует об условиях местопроизрастания, возрасте и других лесоводственных особенностях, в той или иной степени влияющих на смолопродуктивность сосны. От диаметра дерева зависит величина заболони, являющейся резервуаром накопления живицы, а следовательно, и ее выделения. Поэтому диаметр дерева следует признать основным признаком смолопродуктивности сосны.

В качестве расчетной единицы принят средний выход живицы за сезон с подновки, отнесенный на 1 см диаметра среднего дерева подсачиваемого насаждения. Этот показатель назван нами коэффициентом смолопродуктивности. Он может быть больше или меньше единицы, в зависимости от вида сосны, физико-географических и других факторов. В наших исследованиях коэффициент смолопродуктивности колеблется в насаждениях различной характеристики: по Ленинградской области — от 0,48 до 0,63; в Карелии — от 0,55 до 0,72; в Западной Сибири — от 0,66 до 0,78.

Анализ материалов показал, что на смолопродуктивность различных насаждений существенно влияет также величина протяжения кроны дерева. Этот важный в образовании живицы фактор обусловил введение в определение смолопродуктивности второго показателя. В соответствии с этим все представленные в опытах насаждения были распределены в зависимости от протяжения крон на три группы. Затем для каждой группы был вычислен коэффициент смолопродуктивности, получив который, советские ученые составили по трем лесорастительным районам схемы классификации сосновых насаждений, используемых подсочкой, по степени их смолопродуктивности.

Пользуясь такой схемой, можно с достаточной степенью точности предварительно определять выходы живицы на подновку любого насаждения, назначаемого в подсочку. Для этого следует правильно отнести насаждение к той или иной группе смолопродуктивности и определить диаметр среднего дерева. Зная эти величины, можно, путем перемножения их, определить ожидаемый выход живицы на подновку (табл. 1).

Таблица 1

Схема классификации сосновых насаждений по степени их смолопродуктивности (по району Карелии)

Группа смолопродуктивности	Протяжение кроны, м	Показатель смоло- продуктивности (коэффициент)
I — высшей	45—55	0,72
II — средней	35—40	0,64
III — низшей	30 и ниже	0,55

В последующих работах проверка смолопродуктивности насаждений различной лесоводственной характеристики подтвердила правильность, в основном, установленных показателей смолопродуктивности. ; Некоторые отклонения наблюдались лишь в насаждениях очень старых и сильно заболоченных, характеризующихся пониженной жизнедеятельностью.

Как показали материалы исследований, прямая связь смолопродуктивности различных насаждений с диаметрами среднего дерева и протяжением кроны в равной степени относится и к группе деревьев той или иной степени толщины в отдельно взятом насаждении.

ПЕРЕДВИЖЕНИЕ ВОДЫ И ВЛАЖНОСТЬ ЗАБОЛОНИ В СТВОЛАХ ПОДСОЧЕННЫХ СОСЕН

(*Pinus silvestris* L.)

Вода — один из важных факторов жизнедеятельности растительных организмов. Она необходима и для выделения живицы из смоляных ходов, вскрытых при подсочке. В известной нам литературе нет ясных указаний на то, как снабжаются водой различные участки подсачиваемого дерева.

Водные токи исследовались при помощи окрашенных растворов, вводимых через каналы, сделанные в нижней части ствола. В качестве красителя использовался индиго-кармин, который не абсорбируется древесиной и дает яркую, хорошо заметную окраску водного тока. Продолжительность опытов

была различной в зависимости от поставленных задач — от нескольких часов до месяца.

Работы проводились в 1946—1949 гг. на объектах подсочки в Ленинградской области и на Карельском перешейке, в насаждениях 50—60 и 80—120-летнего возрастов. Всего проведено 228 опытов: с непораненными соснами — 77, с единичными ранениями — 62, с подсоченными соснами — 89.

Одновременно с изучением водных токов проведена значительная работа по определению влажности заболони различных частей ствола подсоченных и частично не подсоченных сосен. Влажность древесины была определена на 3333 образцах, взятых от 120 деревьев.

Результаты исследований даются в следующих кратких выводах, имеющих большое значение для обоснования правильной технологии подсочки сосны и объяснения некоторых жизненных функций дерева.

Передвижение воды к кроне в стволах сосны идет по всей заболони, однако скорость водных токов в различных годовых слоях не одинакова. В немногих периферических слоях вода передвигается быстрее, чем в остальных частях заболони.

Различное расположение участков заболони ствола по отношению к странам света не отражается на характере и скорости водных токов. Одностороннее развитие кроны или наличие корневых лап у сосны также не оказывает влияния на передвижение воды по стволу. Влажность древесины заболони со всех сторон ствола в среднем одинакова, независимо от расположения по отношению к странам света и от формы кроны дерева.

При единичных ранениях стволов сосны в виде усов глубиной 0,8 и 1,5 см снабжение водой участков заболони, лежащих выше раны, идет в основном через более глубокие, не поврежденные ранением годовые слои. Направление водного тока, как и в случаях нормального передвижения воды, протекает по вертикали вверх независимо от ранения. Водный ток обходит рану преимущественно в радиальном направлении.

При вводе окрашенных растворов через каналы у неповрежденных стволов краска двигается вверх узкой полосой, равной по ширине диаметру канала; если же имеется ранение, то

и ниже и выше его ширина окрашенной полосы превышает диаметр канала в несколько раз, причем обычно чем глубже ранение, тем шире окрашенная полоса. Следовательно, здесь вода передвигается и в тангенциальном направлении.

Повреждения ствола с неровной поверхностью раны вызывают сильное нарушение водных токов в зоне ранения; тем не менее у сосен 60-летнего возраста даже при глубине раны в 3 см (девять годичных слоев) участки заболони, лежащие выше раны, снабжались водой через глубокие, неповрежденные годичные слои.

У сосен 80—100-летнего возраста единичные ранения в виде усов глубиной 1,5 см вызывают большее нарушение водных токов, чем усы глубиной 0,8 см, между тем как у 50—60-летних деревьев разница в передвижении водного тока при ранениях глубиной 0,8 и 1,5 см значительно меньше.

Обходный ток воды вокруг ранения у 50—60-летних сосен устанавливается значительно быстрее, чем у деревьев 80—100-летнего возраста.

Скорость водного тока в стволах подсоченных и не подсоченных сосен зависит от метеорологических условий. В начале и в конце подсочного сезона передвижение воды в стволах сосны сильно замедляется из-за пониженной температуры.

В первый сезон подсочки, если в дереве нет косослоя, водный ток со стороны карры идет прямолинейно вверх к кроне. Снабжение водой периферических слоев заболони выше карры происходит через более глубокие, неповрежденные годичные слои.

Влажность заболонной древесины в зоне карр не снижается.

Во второй и третий сезоны подсочки в наружных, перерезанных слоях вода не всегда передвигается прямолинейно вверх. В случае образования наплывов по краям карры водный ток в наружных слоях ниже карры сворачивает в тангенциальном направлении и устремляется в наплыв, двигаясь вверх по самому его краю. По глубоким, неповрежденным годичным слоям вода идет под поверхностью карры, выходя выше нее в наружные слои заболони. Этот обход карры в радиальном направлении при двух-трехлетней подсочке происходит медленнее, чем при однолетней.

Влажность периферических годичных слоев заболони выше карры на расстоянии 5 см снижается.

При многолетней подсочке водный ток обходит карру в тангенциальном направлении, причем вверх вдоль карры движение воды идет всегда по самому краю наплыва до верхнего края карры, где вместе с наплывом снова несколько сворачивает в тангенциальном направлении. У деревьев четырех-пятилетней подсочки и более передвижения воды по древесине ниже карры не происходит вследствие полного отмирания заболони.

При двух-трехлетней подсочке раздвоенной каррой, несмотря на перерез наружных годичных слоев сверху и снизу, передвижение воды в перемычке между ярусами высотой от 0,4 до 1,0 см продолжается. Влажность перерезанных годичных слоев перемычки остается высокой.

ТЕХНОЛОГИЯ И РЕЖИМ ПОДСОЧКИ СОСНЫ

(*Pinus silvestris* L.)

Как известно, сосна обыкновенная имеет сравнительно невысокую смолопродуктивную способность. Поэтому в зарубежных странах она считается мало пригодной для добывания живицы. Советские ученые, совместно со специалистами производства, разработали более совершенную технологию подсочки сосны обыкновенной, позволяющую получать высокие выходы живицы.

В последние годы разработан и широко внедрен в практику новый способ интенсивной подсочки двухъярусной каррой. При этом способе наиболее правильно используются поверхность нижней части дерева и работа смолообразующего аппарата сосны. В процессе разработки метода выявлено, что при двухъярусном размещении карр и соответствующем режиме нанесения подновок каждая из этих карр выделяет живицы столько же, сколько и контрольная одноярусная карра с одинаковым режимом нанесения подновок. Отрицательное взаимное влияние одной карры на другую (как об этом утвердилось мнение) в предложенной схеме расположения карр исключается. Исследованиями и практикой доказано получение двойного выхода с двухъярусной карры при нанесении подновок четыре раза в неделю; при нанесении трех подновок в неделю

выход увеличивается на 65%, при двух подновках — до 40%. Высокая эффективность нового способа позволяет вести рентабельную подсочку сосны даже в районах с коротким вегетационным периодом.

Большое внимание в исследовательских работах уделяется установлению оптимальных размеров ранений дерева. Доказана нецелесообразность нанесения глубоких и с большим шагом подновок, тоже отрицательно влияющих на жизнедеятельность и состояние насаждений. В настоящее время практика подсочки перешла на подновки глубиной 0,5—0,6 см при шаге до 1,0 см. При таких размерах ранений дерева достигаются: экономное расходование поверхности нижней части ствола; возможность удлинения периода подсочки в одних и тех же насаждениях в 1,5—2 раза с целью получения высоких валовых сборов живицы с одного дерева и с гектара, без заметного уменьшения выходов на подновку, а также и без заметного снижения производительности труда. Кроме того, при неглубоких ранениях подсочка наносит минимальный вред насаждениям.

Нанесение более мелких подновок обеспечивается соответствующей конструкцией хака с регулятором «МТ-3», дающего ровный чистый срез (подновку) и значительно облегчающего труд рабочего-вздымщика.

Исследованиями установлена также возможность повышения выходов живицы (в два раза и более) за счет применения различных химических веществ в качестве стимуляторов. Испытания новых методов химического воздействия на сосну производятся в условиях производственной подсочки.

ВЫСОКОСМОЛОПРОДУКТИВНАЯ СОСНА КРЫМСКАЯ

(*Pinus Pallasiana* Lamb.)

Длительная подсочка в СССР не получила распространения вследствие несоответствия биологических свойств сосны обыкновенной системе длительного подсачивания.

В связи с этим были проведены исследования в направлении выявления и изучения более высокосмолопродуктивных видов сосны, пригодных и для использования длительной подсочкой и для массового разведения.

Наиболее пригодной для этого оказалась отечественная порода — сосна крымская (*Pinus Pallasiana* Lamb.), имеющая основной естественный ареал на южном берегу Крыма и распространенная местами в культуре в степных районах европейской части СССР. В результате семилетних исследований, проведенных в трех географических зонах: в Крыму, на нижнеднепровских песках (Херсонская область) и на нижнедонских песках (Ростовская область), были получены следующие показатели смолопродуктивности сосны крымской при ширине карры 9 см, глубине подновки 6 мм, высоте подновок 1,5 см и нагрузке стволов каррами 10—15% (табл. 2).

Т а б л и ц а 2
Смолопродуктивность сосны в разных районах СССР

Место произрастания	Возраст насаждения, лет	Средний диаметр насаждения, см	Пауза между подновками, суток	Выход живицы, г	
				на подновку	на карру
Крым	40—50	21,6	8	29,2	670
Херсонская область . .	25	15,2	5	15,4	462
» » . .	45	43,2	5	32,0	960
Ростовская область . . .	36	19,6	4	18,9	680

Деревья сосны крымской 200-летнего возраста, подсоченные нисходящим способом, при ширине карры в 18 см и нагрузке стволов каррами в 27%, выделили в сезон следующее количество живицы: на подновку 88 г, на карру 4398 г и на дерево 17,6 кг.

Сосна крымская проявила большую устойчивость к подсочке главным образом благодаря быстрому застанию ранений. Карры шириной в 9 см в молодых, средневозрастных и приспевающих насаждениях первых трех классов бонитета зарастают полностью в течение 15—20 лет, что позволяет производить повторное использование подсочкой одних и тех же участков ствола.

Деревья сосны крымской несут на себе вдвое большую массу хвои по сравнению с сосной обыкновенной, произрастающей в тех же условиях, что и определяет более высокую смолопродуктив-

ность сосны крымской. Это нашло подтверждение при количественном анализе продуктов ассимиляции, показавшем, что на 100 г абсолютно сухого вещества хвои обоими видами сосны перерабатывается примерно одинаковое количество углеводов, но в сумме на дерево в хвое сосны крымской углеводов содержится вдвое больше.

По климатическим условиям и экономическим соображениям разведение сосны крымской в целях создания сырьевых баз длительного подсочного хозяйства целесообразно производить прежде всего на пустующих песчаных землях в степных районах европейской части СССР. Изучение имеющихся там культур сосны крымской показало возможность формирования высокопродуктивных насаждений, пригодных к использованию подсочкой с 20—25-летнего возраста. Создаваемые сырьевые подсочные базы будут служить и лесосырьевыми, так как специальными исследованиями установлены высокие физико-механические свойства древесины сосны крымской.

Результаты многолетнего изучения сосны крымской позволили разработать схему воспитания и использования длительной подсочкой высокосмолоносных насаждений, обеспечивающую ежегодное получение с гектара более 600 кг живицы.

*Центральный научно-исследовательский
институт лесного хозяйства
Министерства сельского хозяйства СССР
Ленинград*

INVESTIGATIONS IN THE SPHERE OF TAPPING PINE-TREES IN THE USSR

Tapping of coniferous species is a relatively recent branch of forest exploitation. It began in 1926 when the first 413 tons of resin were obtained from the *Pinus silvestris* L. Later the output of resin increased annually and at present the USSR holds the second place in the world turpentine industry for the output of resin and turpentine oil.

Huge resources of untapped pine plantations provide for a future increase of this important product for the national economy.

Along with production activities research work in the sphere of tapping multiply and extend. The *Pinus silvestris* L. remains the main source of obtaining resin. Scientific research works are carried out in the following directions: study of the anatomy of the resin producing apparatus of the pine, cedar, spruce and larch; study of the physiology of resin formation and resin exudation; study of the influence of natural factors on the resin exudation of the pine, cedar and spruce; working out of new and more perfect methods of tapping the pine, cedar and spruce; search of chemical methods stimulating the exudation of resin at tapping conifers; study of the influence of tapping on the state of pine, cedar and spruce plantations; designing and creating new cutting tools and equipment.

The results of the prewar and subsequent investigations and practical work in the sphere of tapping were periodically described in literature on forest technique and in special technical handbooks. The main achievements of Soviet and to a certain extent

of foreign scientists were generalized in 1940 by L. A. Ivanov, Corresponding Member of the Academy of Sciences of the USSR, in his "Biological Basis of Turpentine Production in the USSR" well known to many of those countries engaged in tapping.

We shall cite in our report certain results of the latest research works on tapping pine-trees, that is, on those works which in our opinion present theoretical and practical interest for the development of the world turpentine industry.

INDICES OF RESIN PRODUCTIVITY OF SCOTCH PINE

(*Pinus silvestris* L.)

Resin productivity of a pine-tree, that is, the amount of resin exuding in a unit of time per unit of tapped area depends on many natural factors. The most important among them are the following environmental conditions: forest types, age, fullness, etc.

Many works in Soviet and foreign literature are devoted to investigations of the influence of individual factors on the exudation of resin. But the interdependence between individual factors, however, has not been established till the present. Still unclear remain the main reasons of unequal exudation of resin in different plantations, and there are no reliable indices of resin productivity.

Our investigations in this field had as an object a study of the influence of a complex of factors on the resin productivity of pine and the establishment of the most important factors.

Test works were carried out in three various forest zones of the taiga: Karelia, Leningrad District and West Siberia in the most characteristic plantations, represented by different forest types, age groups and indices of fullness. Technical indices and the regime of inflicting wounds (size of the wounds, pauses between refreshing them, etc.) were taken as near to industrial tapping as possible.

Considerable material has been obtained as a result of three-year investigations which allows us to draw a number of important conclusions. It has been established that in all the three forest regions exudation of resin in the plantations of different silvicultural characteristics is almost proportional to the diameter

of an average tree of these stands. As is obvious from the materials obtained by many research workers the size of the diameter reflects important tree vitality processes. It shows that environmental conditions, age and other silvicultural peculiarities, influence, to a certain degree, the resin productivity of pine. The size of the sapwood which is the reservoir where resin accumulates and consequently from where it exudes, depends on the diameter of a tree. Therefore, the tree diameter should be taken as a principal index of resin productivity of pine.

As a calculation unit an average seasonal yield of resin is taken in a tapped plantation per 1 cm. of the diameter of an average tree of the plantation. We call this index a coefficient of resin productivity. It can be more or less than a unit, depending on the variety of the pine-tree and the physical-geographical and other factors. In our researches the coefficient of resin productivity varies in the plantations of different characteristics as follows:

Leningrad region — 0.48 to 0.63, Karelia — 0.55 to 0.72, Western Siberia — 0.66 to 0.78.

Analysis of the materials shows that resin productivity of various plantations is also influenced by their density of crown. This important factor in formation of resin necessitated the introduction of a second index in determining the resin productivity. In this connection all the plantations represented in the test were divided into three groups, depending on the density of crown. Then, for each of these groups a coefficient of resin productivity was calculated; having obtained this, Soviet scientists drew up a scheme of classifying pine plantations for tapping in the three forest growing areas, according to the degree of their resin productivity (Table 1).

Table 1

Classification scheme of pine-plantations, according to the degree of resin productivity (Karelia)

Groups of resin productivity	Density of crown (in %)	Indices of resin productivity (coefficients)
I. The highest	45—55	0.72
II. Average	35—40	0.64
III. The lowest	30 and lower	0.55

This scheme makes it possible to determine beforehand with a sufficient degree of precision the yield of resin in any plantation to be tapped. For this purpose the plantation should be properly referred to one or another group of resin productivity. It is also necessary to determine the diameter of an average tree in that plantation.

Knowing both the diameter and the index of resin productivity of the group to which the stand is referred, it is possible to determine the anticipated yield of resin by multiplying these two figures.

The subsequent works on checking up the resin productivity of the plantations of different silvicultural characteristics confirmed that the indices of resin productivity established were in the main correct. Certain deviations were observed only in old and heavily bogged plantations characterized by a reduced vitality.

As investigation materials have shown the direct dependence of resin productivity of different plantations on the diameter of an average tree and on the density of crown may be equally applied to a group of trees of any thickness in a given plantation.

WATER CIRCULATION AND MOISTURE OF THE SAPWOOD IN THE TRUNKS OF TAPPED PINES

(Pinus silvestris L.)

Water is one of the most important factors for the vitality of vegetable organisms. It is likewise necessary for the exudation of resin from resin exuding canals opened on tapping. In the obtainable literature there is no precise information on how various sections of the tree being tapped are provided with water.

Water circulation was studied with the help of coloured solutions introduced through the canals made in the lower part of the trunk. Indigo-carmin was used as a dyestuff for it is not absorbed by wood and gives a bright and easily visible colour of the water current. Duration of the experiments varied from several hours to a month, depending on the tasks the experiments pursued.

The experiments were made in 1946-1949 in the tapping areas of the Leningrad region and of the Karelian Isthmus in plantations of 50-60 and 80-120 years old. In all, 228 exper-

iments were carried out; 77 of them were made on unwounded pine-trees; 62 on pine-trees with single wounds; 89 on pine-trees tapped.

Simultaneously with the study of the water circulation, considerable work was done on determining the moisture of the sapwood in different parts of the trunk of tapped and partially untapped pines. The moisture of the wood was determined in 3,333 samples taken from 120 trees.

The results of these experiments are given in the following brief conclusions which are quite important for a correct grounding in the technology of tapping of pine and for elucidating some vital functions of a tree.

Water moves within pine trunks to the crown along the whole mass of the sapwood although the speed of water currents in different annual layers is different. In a few peripheral layers water moves faster than in all the other parts of the sapwood.

Different disposition of the sapwood sections of a trunk with respect to the cardinal points does not influence the character and speed of the water currents. A one-sided development of the crown or the presence of root paws in a pine likewise do not affect the movement of water along the trunk. The moisture of the sapwood on all sides of the trunk is on the average equal, irrespective of the position as regards the cardinal points and the form of the crown.

With single tendril form wounds on the trunk of a pine 0.8 and 1.5 cm. deep, water supply of the sapwood sections above the wound takes place, in general, through deeper annual layers unharmed by wounds. The direction of the water current, as in the case of normal water circulation, is vertically upwards irrespective of the wound. The water current rounds the wound mainly in the radial direction.

At the introduction of dye solutions through the canals of unwounded trunks the dye moves upward in a narrow line equal in width to the diameter of the canal; if there is a wound the width of the dyed line, below and above it, exceeds the diameter of the canal by several times; the deeper the wound the wider the dyed line is. Hence, the water, in this mass, moves in the tangential direction too.

In trunks with rough surface wounds the water current is greatly disturbed in the wounded zone; nevertheless, in 60-year-old pines with a wound 3 cm. deep (nine annual rings) the sapwood sections above the wounds are supplied with water through the deep unwounded annual layers.

In pines of 80-100 years old single tendril form wounds 1.5 cm. deep cause greater disturbances of water current than the tendril form wounds of 0.8 cm. deep; as to 50-60-year-old trees with wounds of 0.8 and 1.5 cm. deep, the difference in the movement of the water current is considerably less.

The turning current of water round the wound of a 50-60-year-old pine is established much faster than in case of 80-100-year-old trees.

The speed of the water current in the trunks of tapped and untapped pines depends on the meteorological conditions. At the beginning and at the end of the tapping season water circulation in the pine trunks is considerably slower due to the lower temperature.

During the first tapping season, if the tree is not twisted, the water current on the side of the groove moves in the same way as in the belts, that is, straight upwards to the crown. The water nutriment for peripheral layers of the sapwood above the groove penetrates through deeper unharmed annual layers.

The moisture of the sapwood in the zone of the grooves does not decrease.

During the second and third tapping seasons water in the external layers which had been cut does not always move straight upwards. In case of excrescence formations along the edges of the groove the water current in the external layers below the groove turns in the tangential direction and moves towards the excrescence, progressing upwards along its very edge. As to the deep unwounded annual layers water moves under the surface of the groove, passing above it to the external layers of the sapwood. This turning of the water current round the groove in the radial direction, of two- or three-year tapping is much slower than in one-year tapping.

The moisture of peripheral annual layers of the sapwood becomes less five cm. above the groove.

In case of tapping many years in succession, the water current rounds the groove in the tangential direction, while alongside the groove water always moves along the very edge of the excrescence to the upper edge of the grooves where together with the excrescence turns again in the tangential direction. In case of trees having been tapped for four, five or more years, there is no water circulation along the wood below the groove owing to the sapwood being completely dead.

In case of tapping for two or three years, causing double grooves, circulation of water in the bridge between the storeys of 0.4 to 1.0 cm. high continues in spite of cross-cutting of external annual layers both at the top and bottom. The moisture of the cut annual layers of the bridge remains high.

TECHNOLOGY AND REGIME OF TAPPING SCOTCH PINE

(*Pinus silvestris* L.)

It is common knowledge that the Scotch pine has a comparatively low resin yield. The pine is, therefore, considered in foreign countries to be of little use in the production of resin. Soviet scientists jointly with specialists in this branch of industry have worked out a more improved technology of tapping Scotch pines that would make for high resin yields.

In recent years there has been worked out and widely put into practice a new method of intensive tapping according to a double-tier groove. By this method proper use can be made of the surface of the lower part of the tree and the work of the resin producing apparatus. In the process of working out this method it became clear that with a double-tier disposition of the groove and a corresponding regime of refreshing, each of the grooves produces as much resin as a control single-tier groove with similar regime of refreshing. The adverse mutual influence of the two grooves according to substantiated opinion is excluded in the proposed scheme of groove disposition. Research works and practice have proved the fact of obtaining twice the amount of exudation from a double-storeyed groove under a regime of refreshing the wounds four times a week; by refreshing three times a week the output increases by 65 per cent; in case refreshing the wounds takes place

twice a week, output increases by 40 per cent. The high efficiency of the new method provides for profitable tapping even in the areas of short vegetal periods.

Much attention is paid in research works to establishing the optimal sizes of wounds inflicted in a tree. It has been proved that it is inexpedient to inflict deep grooves with long distances between them because they adversely affect the vitality and state of the plantations. At present in the practice of tapping grooves of 0.5-0.6 cm. deep, a distance of 1.0 cm. is set between them. Such sizes of wounds inflicted in a tree make it possible to achieve an economy of expenditure of the surface of the lower part of the trunk; to prolong the tapping period of the same plantations by 1.5-2 times for the purpose of obtaining a high total collection of resin per tree and per hectare, without any noticeable reduction of the yield on every refreshing or a decline in the productivity of labour; to cause minimum harm to the plantations by tapping.

Smaller grooves are secured by using model "MT-3" hack provided with a regulator which makes clean grooves and greatly facilitates labour.

Investigations have also established the possibility of increasing the yield of resin (twice and more) by using various chemical stimulants. The tests of new methods of chemical action on a pine are made in conditions of industrial tapping.

HIGH RESIN-PRODUCTIVE CRIMEAN PINE

(*Pinus Pallasiana* Lamb.)

Long-term tapping was not widely used in the USSR owing to the discrepancy between the biological properties of the common pine (*Pinus silvestris* L.) and the system of long-term tapping.

In this connection research works have been made for the purpose of finding out and studying high resin-productive pines which could be used for long-term tapping and mass cultivation.

The most suitable for this purpose proved to be our domestic Crimean pine (*Pinus Pallasiana* Lamb.), whose main natural area stretches along the southern shore of the Crimea and which

is popular in some places as an admixture to the cultures growing in the steppes of the European part of the USSR. As a result of seven years of research made in three geographical zones—the Crimea, on the Lower Dnieper sands (Kherson region) and on the Lower Don sands (Rostov region)—the following indices of resin productivity of the Crimean pine have been obtained with a groove of 9 cm. wide, wounds 6 mm. deep and 1.5 cm. high and with density of the grooves on the trunks being 10-15 per cent (Table 2).

Table 2
Resin productivity of a pine in different regions of the USSR

Age of growing	Age of the plantation (in years)	The diameter of an average tree in the plantation (in cm.)	Pauses between refressings (24 hours)	Yield of resin (yearly)	
				Each wound	Each groove
The Crimea	40-50	21.6	8	29.2	670
The Kherson region	25	15.2	5	15.4	462
» » »	45	43.2	5	32.0	960
The Rostov region	36	19.6	4	18.9	680

Two-hundred year-old Crimean pines tapped downward, the groove being 18 cm. wide and the density of grooves on the trunks 27 per cent, exuded during a season the following quantity of resin per wound: 88 grams; per groove: 4.398 kilograms; per tree 17.6 kilograms.

The Crimean pine has shown great stability during tapping due mainly to the fast healing of wounds. Grooves 9 cm. wide in young, middle-aged and ripening plantations of the first three classes of bonitets heal completely during 15-20 years, thus allowing repeated tapping of the same parts of the trunk.

The Crimean pine has a double amount of needles as compared with the Scotch pine growing under the same conditions. This determines the high resin productivity of the Crimean pine. This has been proved by the quantitative analysis of the products of

assimilation which have shown that both pines assimilate approximately the same amount of carbohydrate per 100 grams of absolutely dry substance of the needles. But as a sum total the Crimean pine needles contain twice as many carbohydrates.

Depending on climatic conditions and for economic considerations it is rational to cultivate Crimean pines for building up raw material bases of long-term resin tapping, first of all on the sandy uncultivated lands in the steppes of the European part of the USSR. The study of the Crimean pine cultures in those localities has revealed the possibility of forming high productive plantations which could be tapped on reaching the age of 20-25 years. Due to the fact that special investigations have revealed the high physical and mechanical properties of the Crimean pinewood, the tapping resin bases will also serve as wood bases.

The results of studying the Crimean pine for many years made it possible to draw up a scheme of cultivating and using for long-term tapping the high resin-bearing plantations which would ensure an annual yield of more than 600 kilograms of resin per hectare.

*The Central Scientific Research
Institute of Forestry
of the Ministry of Agriculture
of the USSR
Leningrad*

СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS

Предисловие	5
Foreword	7
В. П. Цепляев. Леса СССР и основные направления хозяйства в них	11
V. P. Tseylyaev. Forests of the USSR and Methods of Their Management	21
В. Н. Сукачев. О типах леса и значении их для лесного хозяйства	33
V. N. Sukachev. Forest Types and Their Significance for Forestry	44
Г. П. Мотовилов. Применение лесной типологии при устройстве лесов СССР	57
G. P. Motovilov. Application of Forest Typology in Forest Management in the USSR	67
П. В. Васильев. Принципы экономической классификации лесов и специализации лесного хозяйства в СССР	79
P. V. Vasilyev. Principles of Economic Classification of Forests and Specialization of Forest Management in the USSR	89
А. А. Молчанов. Научные исследования в СССР в области лесной гидрологии и пути управления водоохранными свойствами леса	101
A. A. Molchanov. Scientific Investigation in the USSR on Forest Hydrology and Means of Regulating the Water-Protecting Properties of a Forest	115
С. В. Зонн. Изучение взаимодействий между лесом и почвой в СССР	133
S. V. Zonn. Investigation on Interactions between Forest and Soil in the USSR	147

A. И. К а л и н и н ш. Опыты по облесению дюнных песков в Латвийской ССР	163
A. I. K a l n i n s h. Experiments on Afforestation of Dune Sands in the Latvian SSR	175
M. Г. П и н ч у к. Организация лесоразведения и лесовосстановления в СССР	189
M. G. P i n c h u k. Planting and Restoring Forests in the USSR	203
B. З. Г у л и с а ш в и л и. Вопросы ведения лесного хозяйства в горных лесах	219
V. Z. G u l i s a s h v i l i. Problems of Silvicultural Practice in Mountain Forests	230
П. Б. В и п п е р. Горные леса Средней Азии . . .	243
P. B. W i p p e r. Mountain Forests of Middle Asia .	257
C. М. М о м о т. Противозерозионное защитное лесоразведение в горных районах юга СССР	273
S. M. M o m o t. Anti-Erosion Forest Shelter Cultivation in Mountain Regions of the Southern Parts of the USSR	283
A. Б. Ж у к о в. Проблемы дубравного хозяйства в СССР	295
A. B. Z h u k o v. Problems of Oakery Economy in the USSR	305
B. Е. В я х р о в. Исследования строения и технических свойств древесины в связи с типами леса . .	317
V. E. V i k h r o v. Investigations on the Structure and Technical Properties of Wood According to Forest Types	326
И. С. Ш и н е в. Подготовка освоения лесов в многолесных районах СССР	337
I. S. S h i n y e v. Preparation of Forest Exploitation in Densely-Forested Areas of the USSR	345
Ю. М. И в а н о в. Некоторые результаты изучения физико-механических свойств древесины.	355
Yu. M. I v a n o v. Some Results of Research Work on Physical and Mechanical Properties of Wood .	366

А. И. К а л и н и н ь ш. Развитие гидролиза древесины и производство фурфурола и их значение в рационализации лесопотребления в СССР	379
A. I. Kalnins h. Development of Wood Hydrolysis and Furfural Production and Their Importance for Rationalization of Wood Consumption in the USSR .	391
Ф. И. Т е р е х о в. Исследования в области подсочки сосны в СССР	405
F. I. T e r e k h o v. Investigations in the Sphere of Tapping Pine-Trees in the USSR	415

[illegible]